

UNIVERSIDAD DE BARCELONA

Análisis espacial de los “métiers” de la flota de arrastre en la costa catalana

Trabajo de Fin de Grado

Camila Vidal Tutor: John Gabriel Ramírez Téllez

20/09/2021

Índice

Resumen científico.....	1
Resumen divulgativo.....	2
Introducción.....	3
Metodología.....	4
1. Base de datos.....	4
2. Unificación de taxones.....	5
3. Definición de los <i>métiers</i>	6
4. Análisis temporal.....	7
5. Análisis espacial.....	8
Resultados.....	9
1. Identificación de <i>métiers</i>	9
2. Descripción de los <i>métiers</i>	9
3. Análisis temporal.....	17
4. Análisis espacial.....	17
Discusión.....	24
Conclusión.....	27
Bibliografía.....	28
Anexos.....	32

Resumen científico

Actualmente las medidas de gestión para la pesca de arrastre en el Mediterráneo se aplican a nivel de subárea geográfica (GSAs). No obstante, se desconoce cuántos *métiers* persistentes puede haber para la flota de arrastre y como se distribuyen, en una escala espacial inferior. Por lo que el objetivo principal de este estudio ha sido determinar si existen diferencias espaciales significativas entre las zonas de pesca norte, centro y sur de la costa catalana. Para ello se han determinado los *métiers* que ocurren en tres puertos representativos de las zonas mencionadas, mediante el análisis multivariado de 5,7 millones de faenas reportadas del 2002 hasta el 2020 por el gobierno catalán. Se han identificado cuatro *métiers*. En el norte y centro el *métier* de plataforma costera, plataforma profunda, talud superficial y talud profundo. En el caso del sur se han encontrado dos *métiers* de plataforma costera y dos de plataforma profunda. La composición de especies ha sido distinta entre *métiers*, ya que los *métiers* responden principalmente al uso de distinta profundidad en la pesca. El análisis espacial ha confirmado que existen diferencias entre los *métiers* del norte, centro y sur. Esto se debe a los cambios en la morfología del fondo marino a lo largo de la costa catalana, factor que influye en la distribución de las especies. Este trabajo ha demostrado que para gestionar la pesca de arrastre en el mar catalán se debe tener en cuenta que existen cuatro *métiers* y que varían en función de la zona de la costa. Con esta información se podrán controlar de forma específica, a nivel de *métier* o zona, medidas como el esfuerzo pesquero teniendo en cuenta la distribución de las especies objetivo y las características de la flota.

Palabras clave: pesca de arrastre, *métiers*, mar catalán, zonas de pesca

Currently management strategies for trawling in the Mediterranean are applied at the geographic subarea level (GSAs). However, there is little knowledge of how many persistent *métiers* may exist for the trawl fleet and how they are distributed, on a smaller spatial scale. Therefore, the main objective of this study has been to determine if there are significant spatial differences between the northern, central and southern fishing zones of the Catalan coast. With this purpose, we have determined the *métiers* that occur in three representative ports of the mentioned zones, by the multivariate analysis of 5.7 million trips reported from 2002 to 2020 by the Catalan government. Four *métiers* have been identified. In the northern and central zones we have recognized the *métiers* of coastal shelf, deeper shelf, upper slope and lower slope. In the southern case, two coastal shelf and two deeper shelf metiers have been found. The species composition has been different between *métiers*, given the fact that *métiers* respond mainly to the use of different depths in fishing. Spatial analysis has confirmed that there are differences between the *métiers* of the northern, central and southern zones. This is due to changes in the morphology of the seabed along the Catalan coast, a factor that influences the distribution of species. As demonstrated in the current work, to manage trawling in the Catalan sea, it must be considered that there are four *métiers* and that they vary depending on the zone of the coast. With this information, measures such as fishing effort could be controlled specifically, at the *métier* or zone level, taking into account the distribution of the target species and the characteristics of the fleet.

Resumen divulgativo

La pesca es una actividad de vital importancia ya que proporciona una gran fuente de alimento, empleo e ingresos. El crecimiento exponencial de la población humana y por tanto también de la demanda ha sido uno de los factores que ha desencadenado la sobrepesca de gran parte de los recursos pesqueros del mundo. Por eso es importante gestionar las pesquerías con el propósito de conseguir un buen estado de los recursos que se extraen (stocks).

En el Mediterráneo las medidas de gestión para la pesca de arrastre (veda temporal y espacial, control del esfuerzo pesquero) se aplican a nivel de subárea geográfica (GSAs), como por ejemplo la GSA 6 que engloba la costa noreste de España. Sin embargo, se desconoce cuántos *métiers*, constantes a lo largo de los años, puede haber para la pesca de arrastre y como se distribuyen, en una escala espacial más pequeña. Los *métiers* son la combinación de lo que se pesca, el arte que se utiliza (arrastre, cerco, palangre, etc.), la zona donde se pesca y el periodo del año. El objetivo principal de este estudio ha sido saber si existen diferencias espaciales entre las zonas de pesca norte, centro y sur de la costa catalana. Para ello se han determinado los *métiers* de tres puertos del mar catalán, en representación de cada una de las zonas mencionadas. Básicamente hemos aplicado métodos estadísticos a los registros diarios de pesca de las embarcaciones del 2002 al 2020, en total 5,7 millones de registros, para determinar si los *métiers* han sido diferentes en función de lo que se ha capturado, es decir teniendo en cuenta diversas especies.

Después de hacer el análisis se han identificado cuatro *métiers*, que se han nombrado en función de la zona marítima que frecuentan los pescadores. En el norte y centro hemos reconocido el *métier* de plataforma costera, plataforma profunda, talud superficial y talud profundo. En el caso del sur hemos identificado dos *métiers* de plataforma costera y dos de plataforma profunda. Los *métiers* en una misma zona han estado diferenciados por la profundidad, un factor que tiene una gran influencia en la distribución de las especies. Los *métiers* han sido distintos entre las zonas norte, centro y sur. Esto sucede porque el relieve submarino cambia a lo largo de la costa catalana y en consecuencia las condiciones que determinan el hábitat de las especies también lo hacen. Por lo tanto no se debería aplicar la misma medida de gestión para un área tan grande como las GSAs, ya que tal y como se ha demostrado en este estudio en la pesca de arrastre del mar catalán existen cuatro *métiers* y estos son diferentes entre zonas. En un futuro se tienen que realizar más estudios para saber cuáles son las medidas de gestión adecuadas para cada *métier* y zona.

Introducción

La pesca de arrastre en el Mediterráneo se caracteriza por una amplia explotación de especies de peces, crustáceos y moluscos, por lo que se identifica como una pesquería multiespecífica con más de 100 especies/categorías capturadas en algunos casos (Caddy, 2009; Osio et al., 2015). Dado que las pesquerías de arrastre presentan varias especies de interés, el esfuerzo pesquero cambiara en función del nivel de capturas de las especies en ese momento, el reclutamiento (Oliver, 1993) y el precio de las especies en el mercado (Samy-Kamal et al., 2014). Además, la potencia de las embarcaciones y las preferencias de los patrones son elementos que también determinan la zona en que se realiza la actividad pesquera (Sánchez et al., 2004).

Definir y analizar las pesquerías cuando son tantos los factores que influyen resulta complicado. Hace unos años se empezó a trabajar con el concepto *métier* para facilitar su estudio (Tzanatos et al., 2006; Davie and Lordan 2011; Ulrich et al., 2012; Samy-Kamal et al., 2014; González-Álvarez et al., 2016). Según la Data Collection Framework (2008) un *métier* es un grupo de operaciones pesqueras que capturan un grupo de especies con un patrón de explotación similar, usando un arte similar, durante el mismo periodo del año y/o en la misma área. También hay otros estudios que introducen el mismo concepto pero con un nombre distinto como *fishery management units* (Murawski et al. 1983), *fishing strategies* (He et al. 1997), y *fishing tactics* (Pelletier and Ferraris 2000; Maynou et al., 2011). Normalmente la identificación de los *métiers* está basada en el análisis multivariado de la composición de especies de un gran volumen de datos de captura que se obtienen de los *logbooks* o de los datos de desembarques por día u operación pesquera (Samy-Kamal et al., 2014).

La regulación de las pesquerías en el Mediterráneo se centra en el control de la capacidad y el esfuerzo pesquero (Alemany and Álvarez, 2003), ya que la diversidad en las especies extraídas dificulta el control de las capturas. Uno de los problemas principales de reducir la mortalidad por pesca a través del esfuerzo pesquero es asegurarse de que los parámetros que se han seleccionado realmente influyen en la mortalidad por pesca (Alemany and Álvarez, 2003). Por ejemplo en España entre el 2008 y el 2017 hubo una reducción del 20% en toda la flota pesquera, esta acción que se realizó con el propósito de reducir la mortalidad por pesca no fue suficiente para conseguir la recuperación de las especies de interés (Sánchez Lizaso et al., 2020). Tomando este punto de partida el nuevo plan multianual para las pesquerías demersales en el Mediterráneo oeste (2019) ha introducido un nuevo concepto que es el máximo esfuerzo pesquero permitido. Está basado en fijar un número máximo de días para pescar al año con la finalidad de ajustar la mortalidad por pesca al estado de los stocks (Sánchez Lizaso et al., 2020). Hay otras medidas técnicas que también tienen un gran efecto sobre el estado de las pesquerías como la medida mínima de la red (selectividad), la talla mínima de captura y las vedas espacio-temporales (Samy-Kamal et al., 2014).

La costa catalana soporta una gran actividad pesquera de arrastre que representa el 39% de la flota de arrastre española en el Mediterráneo (Ministerio de Agricultura,

Pesca y Alimentación, 2020). La morfología del fondo oceánico de este mar ha favorecido el desarrollo de la pesca de arrastre que opera en la plataforma y talud continental desde la costa hasta profundidades más allá de los 800 metros (Sacchi J, 2008). En Cataluña la pesca de arrastre es la segunda flota más importante en términos de desembarques, genera alrededor del 33%, por detrás de la pesca de cerco. La flota está formada por 221 embarcaciones con esloras que varían de los 12 a los 40 metros y se caracterizan por la escala semi-industrial de sus actividades (Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural, 2020). Cada flota pesquera está asentada en un puerto al que las embarcaciones vuelven diariamente de lunes a viernes (Samy-Kamal et al., 2014). Los caladeros a los que recurren las distintas flotas pesqueras varían en función de la proximidad a los puertos.

En la actualidad la gestión de la flota de pesca de arrastre está principalmente basada en el control del máximo esfuerzo pesquero a nivel de subárea geográfica (GSAs). Sin embargo, no se ha profundizado en el conocimiento de los *métiers* que existen y su distribución, a escala espacial inferior a GSA. Dado el carácter multiespecífico de las pesquerías en la costa catalana, el objetivo principal del presente estudio ha sido determinar si existen diferencias espaciales significativas entre las zonas de pesca en el norte, caracterizadas por una plataforma continental estrecha, el sur, con una plataforma continental extensa con importante contribución de aportes continentales del río Ebro y el centro como zona de transición entre las dos anteriores. Para ello se han definido tres objetivos específicos. En primer lugar determinar el número de *métiers* que ocurren en el puerto seleccionado para cada una de las tres zonas geográficas en el mar catalán, a través de un análisis multivariado. Segundo, comprobar la persistencia temporal de los *métiers* identificados desde comienzos del año 2002, y por último diferenciarlos en base a la composición de especies, la composición de la flota, los desembarques totales y los desembarques por unidad de esfuerzo. A partir de los resultados se ha discutido la importancia de los *métiers* en la gestión de la flota de arrastre en el mar catalán. Adicionalmente, se ha desarrollado un script en R que permite la ampliación futura del presente análisis a la totalidad de los puertos pesqueros en Cataluña.

Metodología

1. Base de datos

El presente trabajo se ha realizado gracias a la base de datos proporcionada por el ICATMAR. La BBDD original se ha creado con las notas de venta que las lonjas de los distintos puertos de Cataluña envían a este órgano, en total 21.408.871 registros del 2000 al 2020. En este estudio no se han incluido los datos de los años 2000 y 2001. La base de datos ha estado formada por distintas variables (Tabla 1) entre las más importantes encontramos: la fecha en que se ha llevado a cabo la actividad pesquera, el puerto de desembarque, la flota, los taxones y el peso total de desembarque por especie.

	fecha	puerto	codigo.puerto	codigo.embarcacion	flota	eslora.embarcacion	codigo.fao	taxon	peso	ingreso
1	2000-01-01	PORT DE LA SELVA	64700	ESP000006061	OTB	26.90	BIB	Trisopterus spp.	3.0	13.16
2	2000-01-01	PORT DE LA SELVA	64700	ESP000006061	OTB	26.90	DIA	Osteichthyes	16.4	37.76
3	2000-01-01	PORT DE LA SELVA	64700	ESP000006061	OTB	26.90	DPS	Parapenaeus longir...	23.8	1217.72
4	2000-01-01	PORT DE LA SELVA	64700	ESP000006061	OTB	26.90	GAR	Belone belone	2.0	1.68
5	2000-01-01	PORT DE LA SELVA	64700	ESP000006061	OTB	26.90	HKE	Merluccius merlucci...	7.0	53.30
6	2000-01-01	PORT DE LA SELVA	64700	ESP000006061	OTB	26.90	MON	Lophius spp.	4.4	62.15
7	2000-01-01	PORT DE LA SELVA	64700	ESP000006061	OTB	26.90	NEP	Nephrops norvegicus	7.0	211.65
8	2000-01-01	PORT DE LA SELVA	64700	ESP000006061	OTB	26.90	WHB	Micromesistius pou...	3.4	5.82
9	2000-01-03	ARENYS DE MAR	64300	ESP000000846	OTB	11.91	BIB	Trisopterus spp.	5.9	8.58
10	2000-01-03	ARENYS DE MAR	64300	ESP000000846	OTB	11.91	CBC	Cepola macrophtha...	9.7	18.31

Tabla 1: Muestra de las 10 variables que constituyen la BBDD original.

2. Unificación de taxones

Los taxones reportados por las lonjas durante los años de estudio fueron unificados para hacerlos comparables. Este análisis ha sido previamente realizado por Mariona Garriga y John Gabriel Ramírez (ICM-CSIC). En primer lugar, se ha hecho una lista de los taxones que salen al menos una vez en la base de datos de la Generalitat de Cataluña durante el periodo 2000-2020. Seguidamente se ha realizado un análisis detallado de cada taxón y se ha mirado en qué años de la base de datos están presentes. Todo esto con el fin de detectar aquellos que han cambiado oficialmente de nombre, es decir, teniendo en cuenta tres fuentes de información: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2020), Boletín Oficial del Estado (Resolución de 24 de mayo de 2019, de la Secretaría General de Pesca, por la que se publica el listado de denominaciones comerciales de especies pesqueras y de acuicultura admitidas en España) y Diario Oficial de la Generalitat de Cataluña. En tercer lugar, con la ayuda de expertos a nivel de cada grupo taxonómico (moluscos varios, crustáceos, cartilaginosos, cefalópodos, invertebrados y peces) se han unido los taxones de los grupos que eran susceptibles a no ser bien identificados. Los grupos creados se han identificado siempre que ha sido posible con el nombre indicado en el listado de la FAO y se ha priorizado el nombre vigente hasta la fecha actual. Una vez que se ha consensuado la lista con el resto de integrantes del proyecto, se han eliminado los taxones que han representado un porcentaje menor al 1% de la captura total durante el periodo de estudio.

La identificación de las especies es un paso sujeto a mucha incertidumbre ya que varía según el criterio que se utiliza, la persona que lo hace y la zona geográfica. Con la lista definitiva de taxones se ha reducido aproximadamente en un 60% la lista inicial (Tabla 2).

	Lista inicial	Lista final
Cartilaginosos	27	4
Cefalópodos	18	12
Moluscos varios	36	27
Invertebrados	8	7

Crustáceos	35	27
Peces	170	109
Desconocido	1	1
Total	295	187

Tabla 2. Número de taxones por grupo taxonómico en la lista inicial y en la lista final

Selección de puertos y flota de pesca

Este estudio se ha realizado con los datos de la flota de arrastre de tres puertos localizados en la parte noroeste del mar Mediterráneo. Se ha seleccionado la lonja con mayores capturas de cada una de las zonas de la costa catalana. En representación de la zona norte se ha escogido Palamós, para el centro Villanueva y Geltrú y en el caso del sur San Carlos de la Rápita. En 2019, las capturas de Palamós alcanzaron las 1.614,8 toneladas y un importe de 9,43 millones de euros, en Villanueva y Geltrú se capturaron 3.401,4 toneladas con un importe de 10,91 millones de euros, por último en San Carlos de la Rápita las capturas fueron de 2.648,9 toneladas y el importe de 13,43 millones de euros (Instituto de Estadística de Cataluña, 2020).

3. Definición de *métiers*

Preparación de los datos

Tal y como Pelletier y Ferraris (2000) exponen, para obtener los *métiers* es necesario tener información de las operaciones pesqueras. Con ese fin se ha determinado como faena la actividad pesquera de cada embarcación por día.

Se han sumado los kilogramos desembarcados de cada especie en un año y se han descartado las especies que representan menos del 5% de los desembarques totales. Con toda esta información se ha creado una matriz donde las filas son las faenas, las columnas los taxones y los valores son los pesos de desembarque (kg) de cada especie/taxón en una faena determinada.

Hemos estandarizado los datos de la matriz para poder comparar las variables numéricas, en este caso los desembarques. También se ha aplicado una transformación logarítmica a los porcentajes de los desembarques para dar la misma importancia a todas las especies.

Agrupación de los datos (HCA)

En el presente trabajo hemos aplicado una técnica de *clustering* jerárquico mediante la biblioteca factextra del programa R (R Core Team 2020). Para medir las distancias entre las observaciones de la matriz estandarizada hemos utilizado la distancia euclidiana. Los *clusters* se han construido con el método de aglomeración Ward (1963). De aquí se ha obtenido un dendrograma que es la representación del conjunto de *clusters*.

Para seleccionar el número de *métiers* nos hemos fijado en los estudios de varios autores (Moranta et al., 2000; Garcia-Rodriguez, 2003; Samy-Kamal et al., 2014).

Samy-Kamal et al (2014) concluyen que existen cuatro *métiers* en la parte oeste del Mediterráneo. Con toda esta información se ha realizado un análisis de sensibilidad para ver la distribución de las observaciones en función del número de *métiers*. Al escoger un número grande probablemente estaríamos separando grupos con la misma composición de especies o bien muy parecida. Por otro lado, al escoger un número muy pequeño nos estaríamos arriesgando a juntar grupos con composiciones de especies distintas.

El conjunto de datos se ha dividido con un algoritmo de partición basado en k-medoids (Kaufman and Rousseeuw, 1990). Se ha repetido este proceso con todos los años del estudio. Después a cada faena se le ha adjudicado un *métier* y para identificarlos hemos tenido en cuenta las especies que representan el 85% de los desembarques. Por último le hemos asignado un código específico a cada *métier* (OTB1, OTB2, OTB3, OTB4)

Determinación de periodos

Se ha construido una matriz con el total de las faenas (filas) y especies (columnas). Cada faena está diferenciada de acuerdo a las variables categóricas *métier* (OTB1, OTB2, OTB3, OTB4) y año (2002-2020). Este paso se ha llevado a cabo con la biblioteca mvabund del R (R Core Team 2020). Después se ha filtrado por *métier* y se ha aplicado un análisis de componentes principales (PCA).

El PCA nos ha permitido reducir la dimensionalidad de las variables y por tanto hemos podido explicar los cambios de la composición de las especies en el tiempo mediante dos componentes principales (i.e. eje principal y eje secundario). Con el fin de facilitar la observación o comparación entre años, el eje principal se ha graficado en el eje vertical. De tal manera que cambios por encima o debajo del cero han representado un cambio de periodo. No obstante, también se han dado cambios relacionados con el eje secundario y en este caso han mostrado como puede variar el punto en las zonas grises. En algunas ocasiones las variaciones en el segundo eje (las zonas grises) se han interpretado como años anómalos.

Descripción de *métiers*

También se ha descrito la evolución temporal de cada uno de los *métiers* en función de la composición de las especies, la composición de la flota (capacidad de las embarcaciones), los desembarques totales y los desembarques por unidad de esfuerzo.

4. Análisis temporal

Hemos analizado los datos multivariantes de los desembarques de las especies mediante modelos lineales generalizados, ya que se utilizan para los datos con distribuciones no normales de los errores y varianzas no constantes (Silvar, 2018). Para ello se ha empleado la biblioteca mvabund la cual fue diseñada para pruebas multivariantes de hipótesis, dado que es un marco flexible y poderoso para el análisis de datos de abundancia (Silvar, 2018). Se ha aplicado un análisis de varianza para comprobar la hipótesis multivariante: ¿los factores *métier* y año introducen diferencias significativas en la composición de las especies? El anova utiliza pruebas basadas en

el remuestreo para hacer inferencia sobre qué factores están asociados con las variables de abundancia y devuelve una tabla con los test de significancia para cada término del modelo.

Identificación de los *métiers*

Los cuatro *métiers* se han nombrado en función del caladero, es decir de la zona marítima donde los pescadores deciden llevar a cabo las operaciones pesqueras. En el puerto del norte (Palamós) y en el del centro (Villanueva y Geltrú) el OTB1 se ha denominado plataforma costera, OTB2 plataforma profunda, OTB3 talud superficial y OTB4 talud profundo. En el puerto del sur (San Carlos de la Rápita) los cuatro *métiers* han correspondido a la plataforma continental. En este caso para denominarlos se ha recurrido a los nombres de las especies más importantes de cada *métier*. De manera que OTB1 se ha nombrado plataforma costera galera/salmonetes, OTB2 plataforma costera galera, OTB3 plataforma profunda galera/pulpos blancos y OTB4 plataforma profunda jureles/merluza.

5. Análisis espacial

En el análisis espacial se han comparado los *métiers* de cada puerto con mayor similitud en la composición de las especies. Por lo que se han formado seis grupos: dos de plataforma costera donde el único *métier* que ha cambiado es el de San Carlos de la Rápita. Lo mismo ha sucedido con los dos grupos de plataforma profunda. Un grupo con los *métiers* de talud superficial y otro con los de talud profundo de los puertos de Palamós y Villanueva y la Geltrú. Dicho análisis se ha realizado en tres años distribuidos a lo largo del periodo de estudio (2008, 2013, 2020).

Inicialmente el número de faenas de los *métiers* era muy elevado lo que dificultaba obtener los resultados. Por eso hemos agrupado las faenas en semanas mediante la biblioteca lubridate del R (R Core Team 2020). Se ha construido una matriz con las faenas por semanas (filas) y especies (columnas). Cada semana ha estado diferenciada de acuerdo a la variable categórica puerto (Palamós, Villanueva y Getrú, San Carlos de la Rápita). Para saber si este factor ha introducido diferencias significativas entre los *métiers* de un mismo grupo hemos aplicado un análisis de varianza. También se ha estudiado la distribución de las faenas de los *métiers* en cada uno de los grupos. Por último, hemos realizado un *heatmap* para averiguar cuáles han sido las especies responsables de las diferencias entre los *métiers* de un mismo grupo.

Resultados

Identificación de *métiers*

En Villanueva y Geltrú los cuatro *métiers* han sido persistentes a lo largo del periodo de estudio, tal y como marca la línea roja en los dendrogramas de los años 2008, 2013 y 2020 (Fig.1A). En la figura 1B las observaciones se han distribuido de forma bastante homogénea dentro de cada *cluster* y los cuatro *métiers* se han mostrado bien diferenciados. Después de repetir el mismo ejercicio con todos los años del estudio (2002-2020) hemos observado que no se trata de un hecho aislado sino que existe una continuidad temporal. Estos resultados para Palamós y San Carlos de la Rápita se pueden revisar en los anexos (Fig.S1 y Fig.S2).

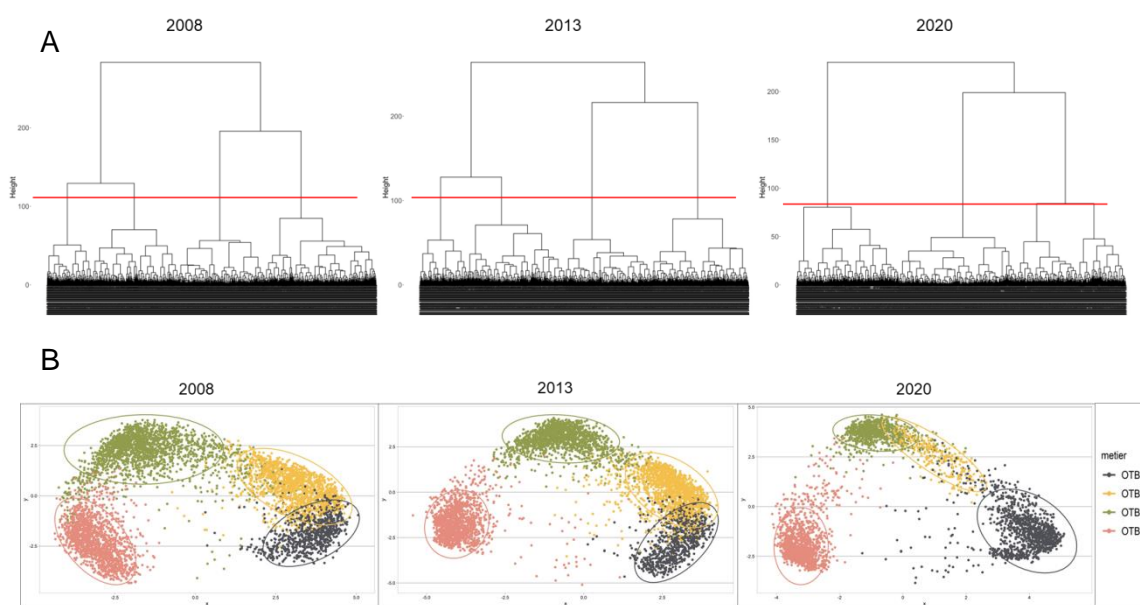


Figura 1. A. Dendrograma de clasificación de las faenas en base a las capturas del puerto de Villanueva y Geltrú, de izquierda a derecha se presentan los resultados de los años 2008, 2013 y 2020. B. Representación de los *clusters* que establecen los cuatro *métiers* del puerto de Villanueva y Geltrú en distintos colores para los años 2008, 2013, 2020.

Descripción de los *métiers*

Palamós

Composición de las especies

En la plataforma costera las especies más desembarcadas han sido los salmonetes (*Mullus spp.*) que han aumentado el porcentaje de desembarques a lo largo de los años y los jureles (*Trachurus spp.*) (Fig.2). En la plataforma profunda, los pulpos blancos (*Eledone spp.*) han representado el 25% de desembarques, aunque los rapés (*Lophius spp.*) cada vez han cogido más importancia. Además, Osteichthyes ha desaparecido en ambos *métiers* seguramente debido a una mejor identificación de las especies. En el talud superficial la bacaladilla (*Micromesistius poutassou*) ha sido la más desembarcada seguida por la cigala (*Nephrops norvegicus*). Por último, en el talud profundo la gran dominante ha sido la gamba roja (*Aristeus antennatus*). Hay especies que han sido capturadas por más de un *métier* como: la merluza (*Merluccius merluccius*) ha estado presente en todos ellos, los pulpos blancos en los de

plataforma, los rapes en el de plataforma profunda y talud superficial y las brótolas (*Phycis spp.*) en los de talud.

En cuanto al número de periodos todos han presentado dos excepto el de plataforma costera que ha mostrado tres. Los periodos se han definido en base a unos gráficos como el que se presenta a continuación (Fig.3). En el caso de la plataforma profunda en el 2006 el punto estaba por debajo del eje horizontal y en el 2008 por encima, este movimiento ha indicado un cambio de periodo. Por otro lado, el cambio de columna del año 2005 ha mostrado un año anómalo dentro de un mismo periodo. Los ejemplos para los otros *métiers* se encuentran en los anexos (Fig.S3, S4 y S5).

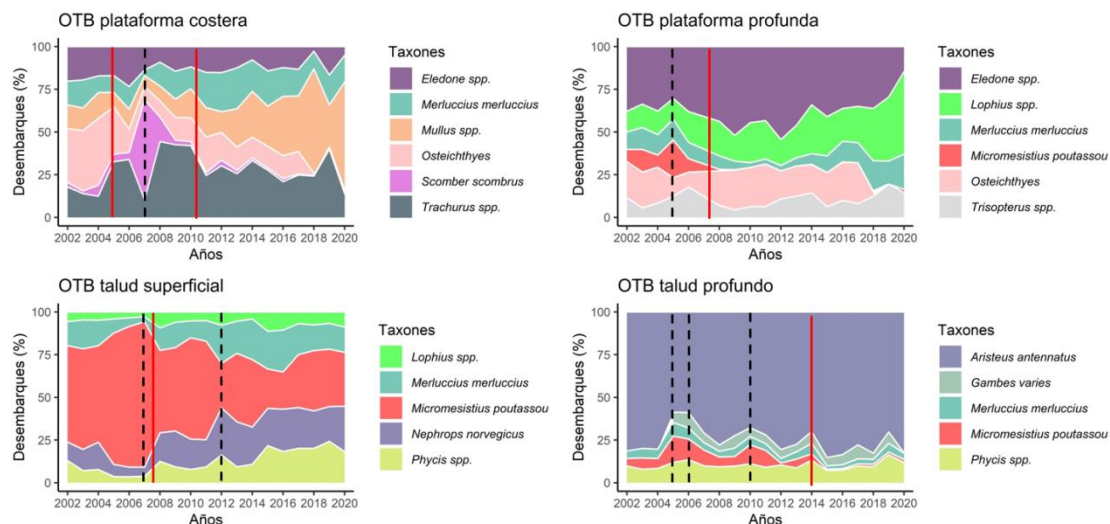


Figura 2. Composición de las especies más importantes en términos de porcentaje de desembarques de los cuatro *métiers* del puerto Palamós durante el periodo de estudio (2002-2020). Las líneas rojas representan un cambio de periodo y las negras discontinuas representan años anómalos dentro de un mismo periodo.

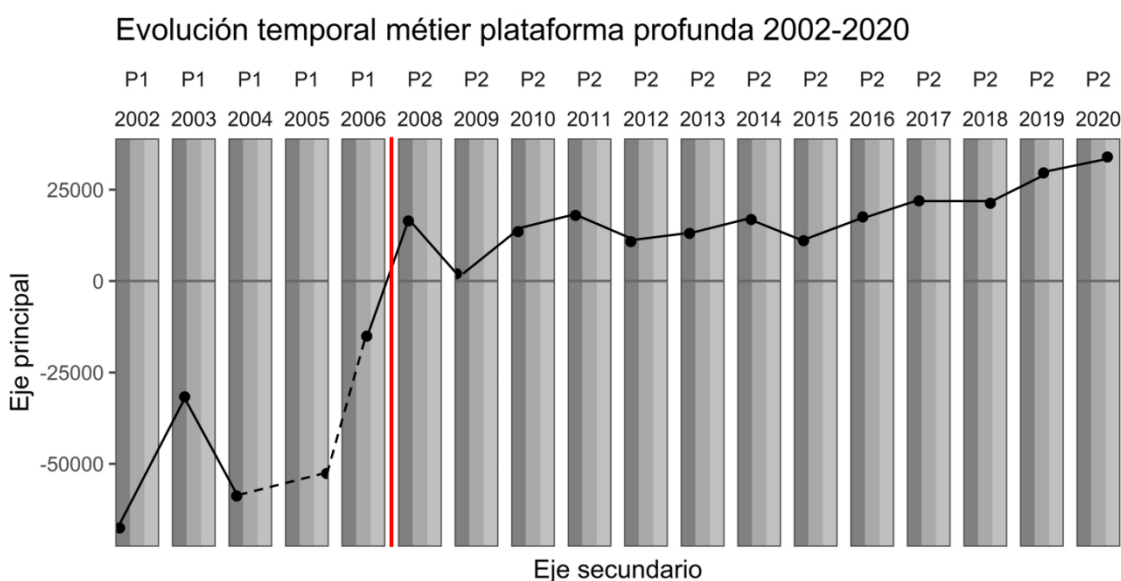


Figura 3. Cambios en la composición de las especies del *métier* de plataforma profunda de Palamós del 2002 al 2020. Los movimientos verticales determinan los cambios de periodo (línea roja) y los horizontales los años anómalos dentro de un mismo periodo (línea discontinua).

Composición de la flota

En la plataforma costera aproximadamente el 75% de las faenas han sido realizadas por las embarcaciones de 12-18 y 18-24 metros de eslora (Fig.4). En la plataforma profunda antes del 2006 las embarcaciones más importantes fueron las de 18-24 metros, después estas desaparecieron y tomaron el relevo las de 12-18 metros. En el *métier* de talud superficial todas las embarcaciones excepto las más pequeñas han estado presentes. En el talud profundo después del 2006 las embarcaciones grandes (18-24 metros) han aumentado el número de faenas, contrariamente a lo que ha sucedido en la plataforma profunda. El talud profundo ha sido el *métier* con mayor participación de las embarcaciones más grandes (24-40 metros). Además, hemos observado una disminución generalizada en el número de embarcaciones sobre todo a partir del 2006 (Fig.S6).

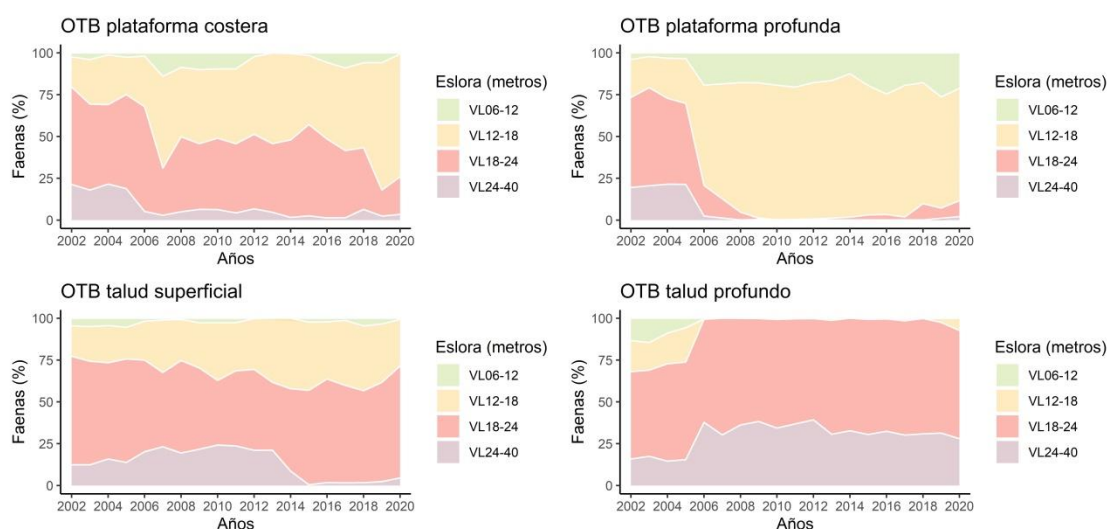
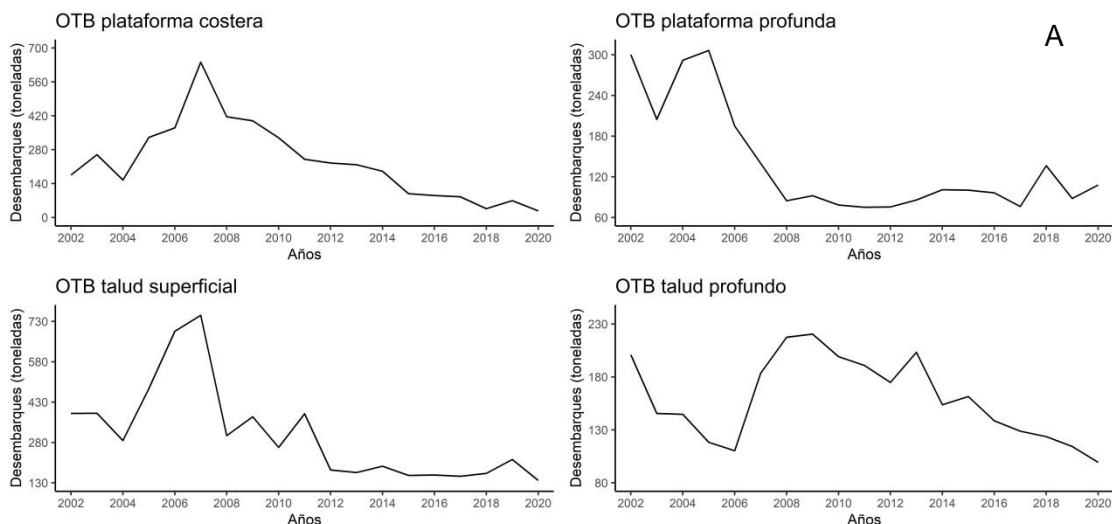


Figura 4. Faenas anuales diferenciadas por tamaño de la embarcación de los cuatro *métiers* de Palamós durante el periodo de estudio (2002-2020).

Desembarques y DPUE

Los desembarques totales han disminuido a lo largo de los años en los cuatro *métiers* y el pico de captura ha sucedido en todos los casos antes del 2009 (Fig.5A).

En el *métier* de plataforma costera los desembarques de las embarcaciones cada vez han sido más parecidos, tal y como muestra la desviación estándar (sombra verde) (Fig.5B). En los otros *métiers* ha habido una gran diferencia entre los desembarques de las distintas embarcaciones. El *métier* de talud profundo ha recibido mayor presión por parte de la flota pesquera.



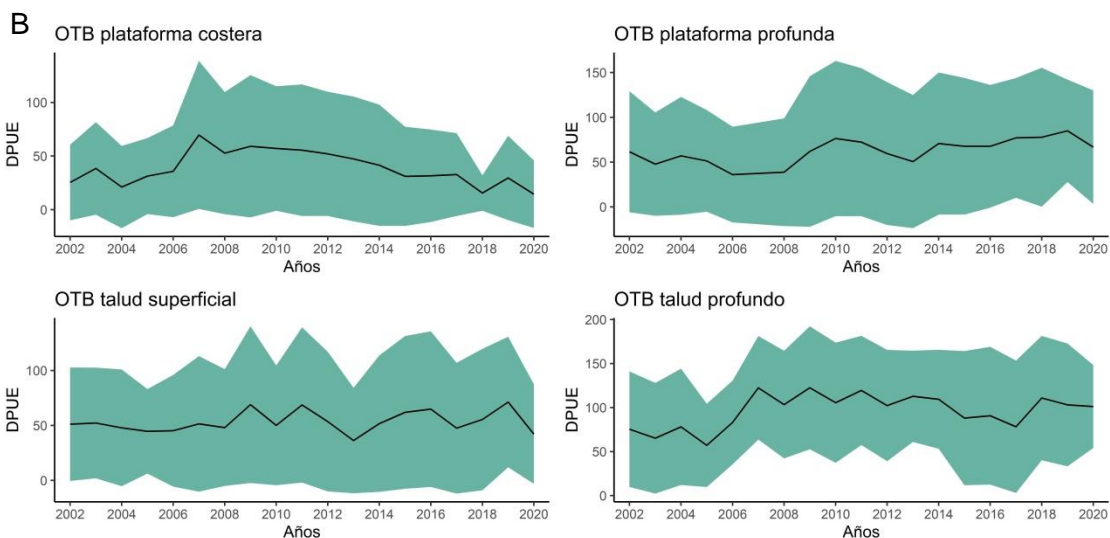


Figura 5. Evolución temporal de (A) los desembarques totales anuales (toneladas), (B) los desembarques totales por unidad de esfuerzo de los cuatro *métiers* de Palamós durante el periodo de estudio (2002-2020).

Villanueva y Geltrú

Composición de las especies

En el *métier* de plataforma costera los salmonetes (*Mullus spp.*) han sido los más desembarcados y han aumentado el porcentaje a lo largo de los años (Fig.6). En la plataforma profunda los pulpos blancos (*Eledone spp.*) y la merluza (*Merluccius merluccius*) han sido los más importantes. En los primeros años del *métier* de talud superficial, la bacaladilla (*Micromesistius poutassou*) y la merluza han generado más del 50% de los desembarques, posteriormente la cigala (*Nephrops norvegicus*) ha ido aumentando. En el talud profundo la gamba roja (*Aristeus antennatus*) ha sido la más desembarcada. La merluza ha estado presente en todos los *métiers*, los jureles (*Trachurus spp.*) en los de plataforma, los pulpos blancos en el de plataforma profunda y el de talud superficial, por último la bacaladilla y las brótolas (*Phycis spp.*) en los de talud. Todos los *métiers*, excepto el de plataforma profunda, han mostrado dos periodos y algún año anómalo (Fig.S7, S8, S9 y S10).

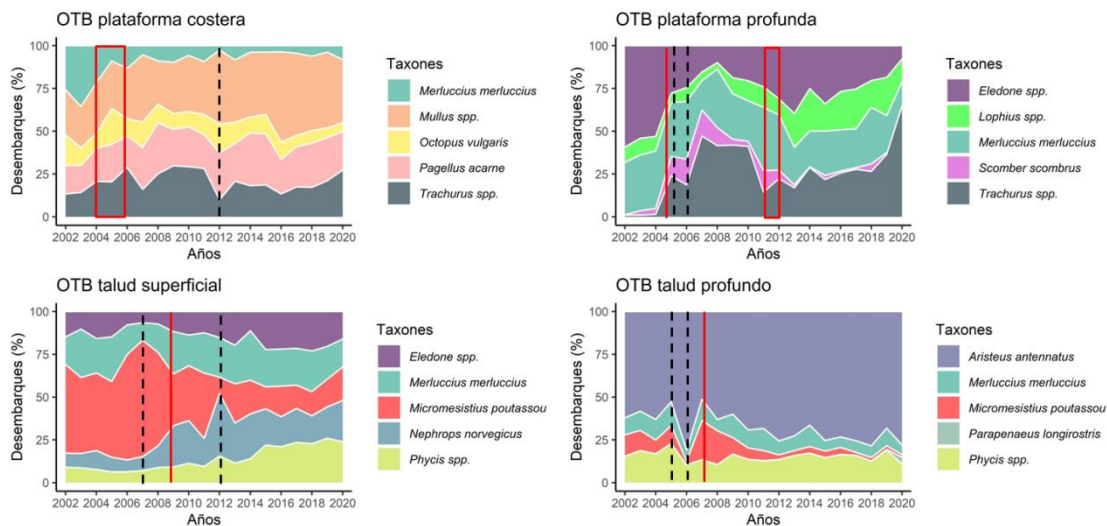


Figura 6. Composición de las especies más importantes en términos de porcentaje de desembarques de los cuatro *métiers* de Villanueva y Geltrú durante el periodo de estudio (2002-2020). Las líneas rojas representan un cambio de periodo, los rectángulos los cambios de periodo debido a un conjunto de años y las líneas negras discontinuas representan años anómalos dentro de un mismo periodo.

Composición de la flota

En el *métier* de plataforma costera, a pesar de ser un caladero cercano a la costa, se han utilizado embarcaciones con gran capacidad (18-24 metros) sobre todo desde 2012 (Fig.7). En la plataforma profunda las embarcaciones de 12-18 metros han sido más importantes. En el talud superficial se han empleado embarcaciones más grandes de 18-24 metros, en los últimos años ha habido una transición hacia embarcaciones de 12-18 metros. En el *métier* de talud profundo las embarcaciones con mayor capacidad (24-40 metros) han realizado el 50% de las faenas y las de 18-24 metros el otro 50%. Se ha dado una reducción en el número de embarcaciones de los *métiers* de plataforma costera, plataforma profunda y talud superficial. En el caso del talud profundo el número de embarcaciones se ha mantenido estable en los últimos años (Fig.S11).

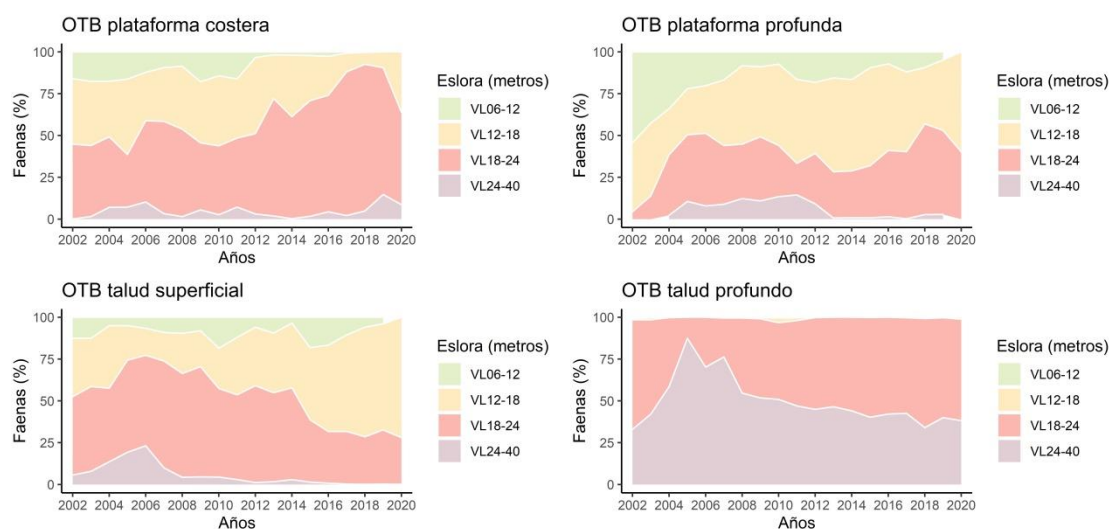


Figura 7. Faenas anuales diferenciadas por tamaño de la embarcación de los cuatro *métiers* de Villanueva y Geltrú durante el periodo de estudio (2002-2020).

Desembarques y LPUE

Los desembarques totales de la plataforma costera y talud profundo han aumentado en los últimos dos años (Fig.8A). En los *métiers* de plataforma profunda y talud superficial los desembarques han disminuido en los últimos años.

Los desembarques por unidad de esfuerzo han seguido la misma tendencia que los gráficos anteriores, excepto para el talud profundo (Fig.8B). Además, la diferencia entre las cantidades de los recursos desembarcados (sombra verde) ha sido mayor en los *métiers* de plataforma profunda y talud superficial. El talud profundo ha sido el que ha recibido mayor presión por parte de los pescadores, sobre todo a partir del 2012.

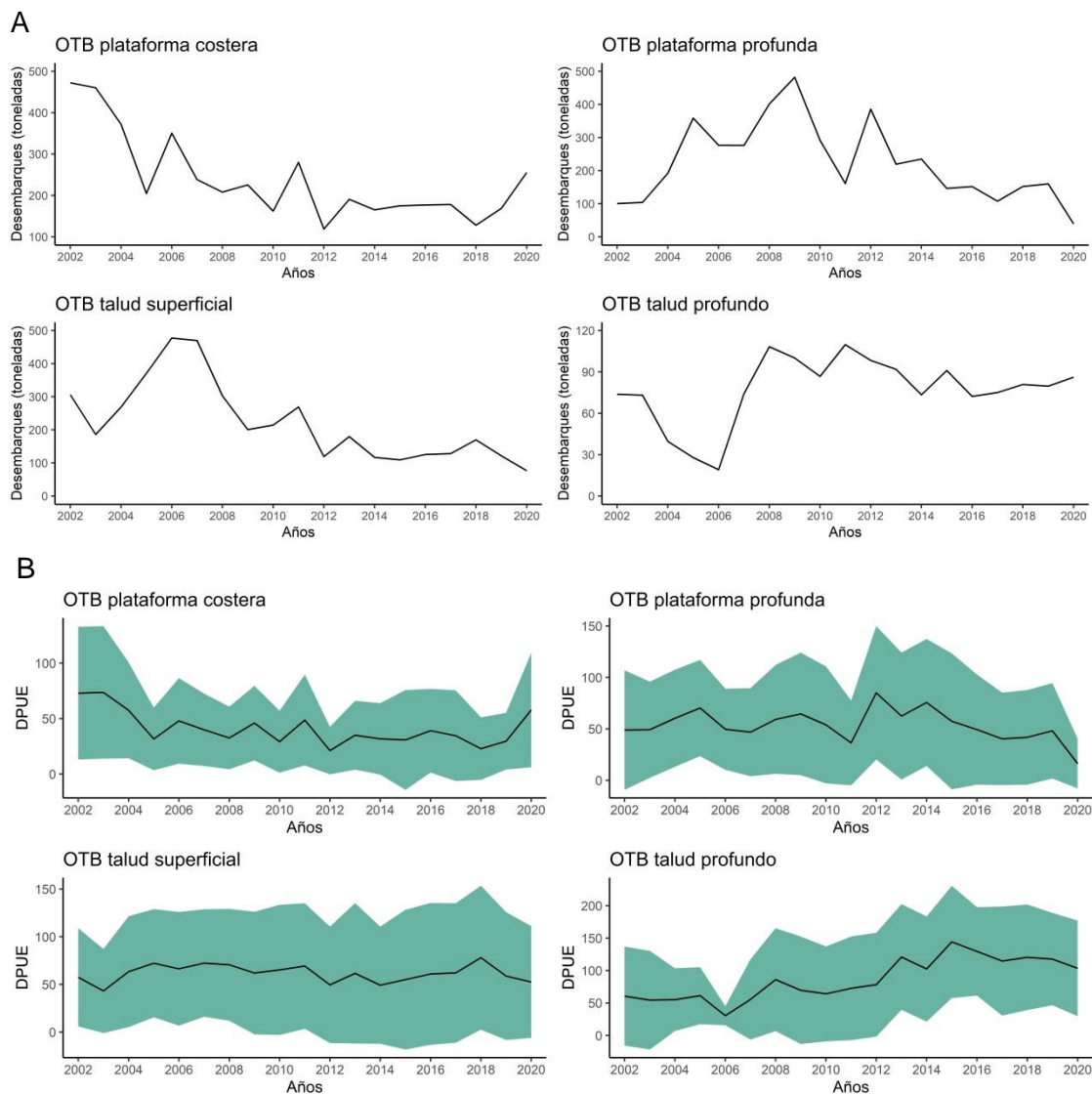


Figura 8. Evolución temporal de (A) los desembarques totales anuales (toneladas), (B) los desembarques totales por unidad de esfuerzo de los cuatro *métiers* de Villanueva y Geltrú durante el periodo de estudio (2002-2020).

San Carlos de la Rápita

Composición de las especies

En el puerto de San Carlos de la Rápita todos los *métiers* han resultado ser de plataforma continental (Fig.9). En el de plataforma costera galera/salmonetes las especies más importantes han sido la galera (*Squilla mantis*) y los salmonetes (*Mullus spp.*) que han aumentado el porcentaje de desembarques a lo largo de los años. En el *métier* de plataforma costera galera esta especie ha sido responsable de aproximadamente el 50% de los desembarques. En los primeros años del *métier*

plataforma profunda galera/pulpos blancos el cangrejo (*Liocarcinus depurator*) ha generado el 25% de los desembarques. En los siguientes años han aumentado los porcentajes de desembarques de la galera y los pulpos blancos (*Eledone spp.*). En la plataforma profunda jureles/merluza las especies más relevantes han sido los jureles (*Trachurus spp.*) que han disminuido los desembarques con los años y la merluza (*Merluccius merluccius*) junto con los salmonetes que los han aumentado. Además, los dos *métiers* de plataforma costera han compartido varias especies, mientras que los de plataforma profunda la merluza y los pulpos blancos. Así mismo la galera ha estado presente en todos los *métiers* excepto el de plataforma profunda jureles/merluza.

Por otro lado, ha habido años en los que no hemos podido identificar los cuatro *métiers*. Como es el caso del *métier* de plataforma costera galera/salmonetes que no ha existido hasta el 2005. En cuanto al número de periodos los *métiers* de plataforma costera galera/salmonetes y plataforma profunda jureles/merluza han presentado tres, mientras que los de plataforma costera galera y plataforma profunda galera/pulpos blancos han presentado dos (Fig.S12, S13, S14 y S15).

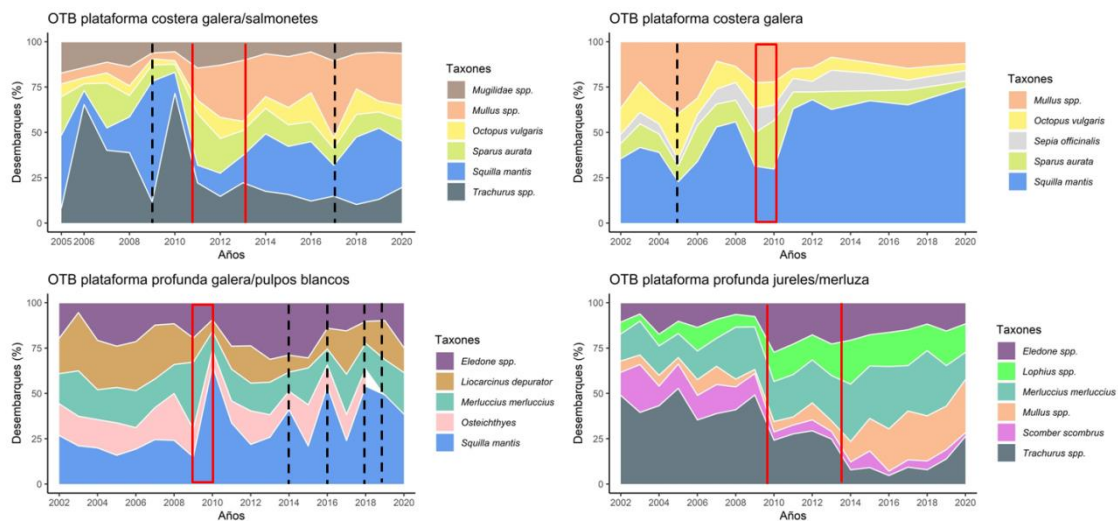


Figura 9. Composición de las especies más importantes en términos de porcentaje de desembarques de los cuatro *métiers* de San Carlos de la Rápita durante el periodo de estudio (2002-2020). Las líneas rojas representan un cambio de periodo, los rectángulos los cambios de periodo debido a un conjunto de años y las líneas negras discontinuas representan años anómalos dentro de un mismo periodo.

Composición de la flota

En este puerto la presencia de las embarcaciones de menor potencia (6-12 metros) ha sido casi nula (Fig.10). En los dos *métiers* de plataforma costera y el de plataforma profunda galera/pulpos blancos casi el 100% de faenas han sido realizadas por las embarcaciones medianas, es decir las de 12-18 metros y las de 18-24 metros. Las embarcaciones de mayor capacidad (24-40 metros) se han focalizado en el recurso de la plataforma profunda jureles/merluza más alejado de la costa. En San Carlos de la Rápita el número de embarcaciones ha disminuido a lo largo de los años (Fig.S16).

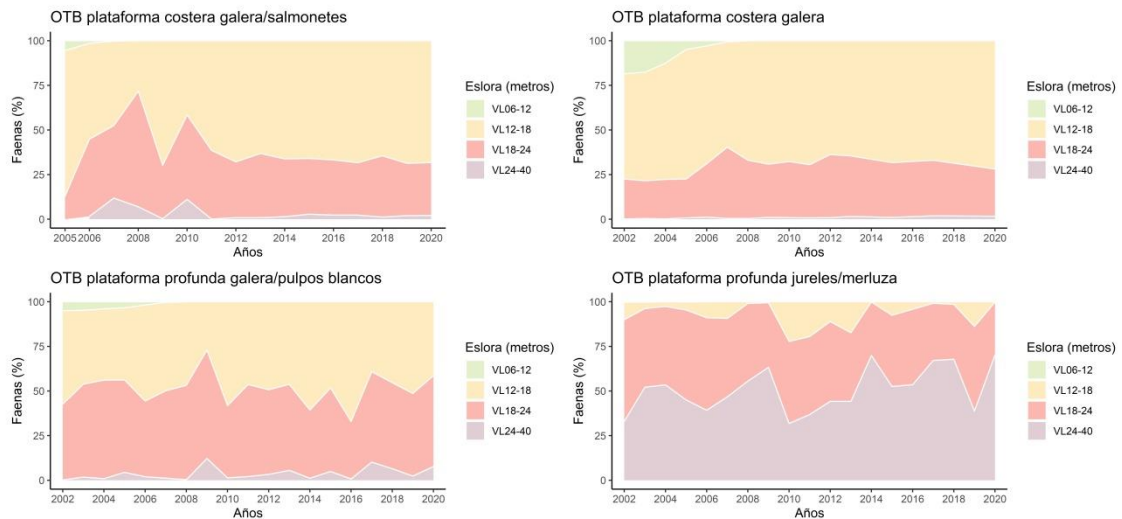
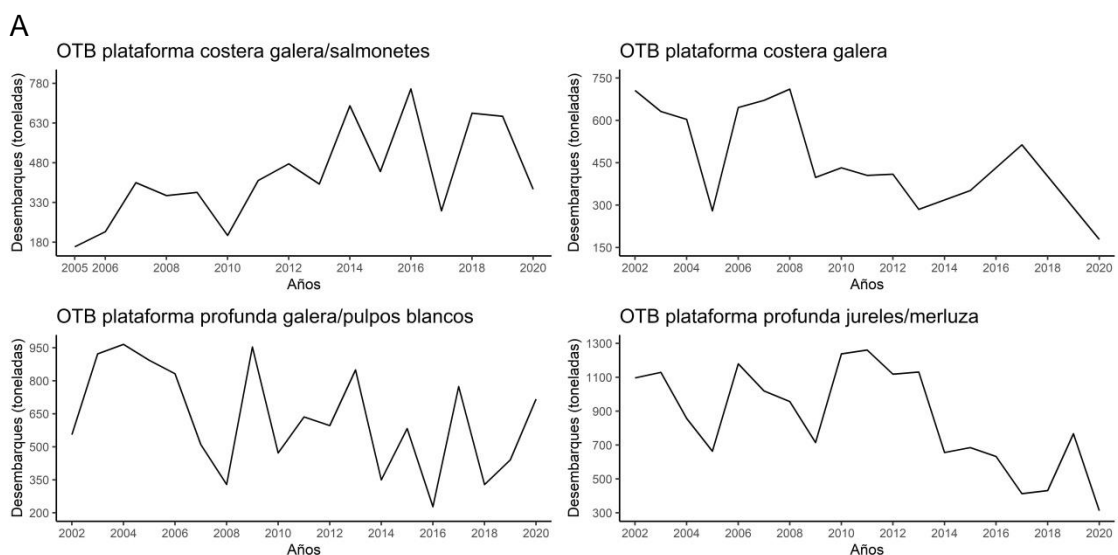


Figura 10. Faenas anuales diferenciadas por tamaño de la embarcación de los cuatro *métiers* de San Carlos de la Rápita durante el periodo de estudio (2002-2020).

Desembarques y LPUE

En términos generales los cuatro *métiers* han mostrado numerosas fluctuaciones en la cantidad de desembarques totales durante el periodo de estudio (2002-2020) (Fig.11A). En los últimos años los desembarques totales de los *métiers* de plataforma costera y el de plataforma profunda jureles/merluza han disminuido. En el caso de la plataforma profunda galera/pulpos blancos han aumentado.

La tendencia de los desembarques por unidad de esfuerzo ha sido muy parecida a la de los desembarques totales en todos los *métiers* (Fig.11B). La presión ejercida por parte de la actividad pesquera ha sido similar en los cuatro *métiers*. Aunque, a partir del 2018, ha habido un gran aumento sobre los DPUE de la plataforma profunda galera/pulpos blancos. En los últimos años de la plataforma costera galera y la plataforma profunda galera/pulpos blancos los desembarques de las embarcaciones han sido bastante equivalentes (sombra verde).



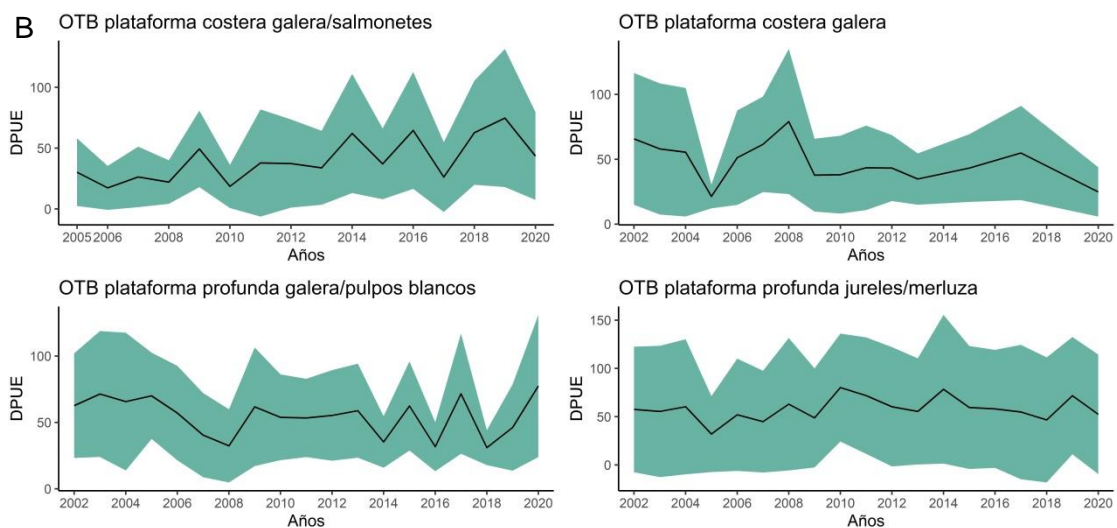


Figura 11. Evolución temporal de (A) los desembarques totales anuales (toneladas), (B) los desembarques totales por unidad de esfuerzo y desviación estándar (sombra verde) de los cuatro *métiers* de San Carlos de la Rápita durante el periodo de estudio (2002-2020).

Análisis temporal

Con el análisis estadístico (Tabla 3) hemos podido afirmar que existen diferencias significativas en la composición de las especies entre los cuatro *métiers* y a lo largo de los años del estudio de los tres puertos. Tal y como indica el p-valor que ha resultado ser menor a 0,05.

Fuente de variación	Palamós		Villanueva y Geltrú		San Carlos de la Rápita	
	Dev	P value	Dev	P value	Dev	P value
<i>Métier</i>	3833	0,001***	3533	0,001***	3951	0,001***
Año	1838	0,001***	2120	0,001***	1471	0,001***

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) de dos factores (*Métier* y *Año*) para los desembarques totales en términos de biomasa de tres puertos Palamós, Villanueva y Geltrú y San Carlos de la Rápita. Dev es la desviación estándar y P value indica el nivel de significancia ***p>0.001.

Análisis espacial

Plataforma costera

El grupo de plataforma costera que incluye el *métier* de plataforma costera galera/salmonetes de San Carlos de la Rápita ha presentado diferencias significativas entre los tres puertos a lo largo de los años (Tabla 4). Los *clusters* formados por las faenas de los distintos puertos se han mostrado separados (Fig.12). Aunque a medida que han avanzado los años las faenas de Palamós y Villanueva y Geltrú se han posicionado más cerca. Las especies más desembarcadas en los tres puertos y por

tanto las que han caracterizado el grupo han sido los salmonetes (*Mullus spp.*) seguidos por los jureles (*Trachurus spp.*) y la breca (*Pagellus erythrinus*) (Fig.13). Por otro lado, los rapes (*Lophius spp.*), los pulpos blancos (*Eledone spp.*) y la merluza (*Merluccius merluccius*) han sido más desembarcadas en las zonas del norte y centro. Por el contrario el pulpo común (*Octopus vulgaris*) lo ha sido en las zonas centro y sur. La galera (*Squilla mantis*) y la dorada (*Sparus aurata*) han presentado una gran cantidad de desembarques en San Carlos de la Rápita.

Fuente de variación	2008	2013	2020
	P value	P value	P value
Palamós vs Rápita	0,005**	0,005**	0,005**
Rápita vs Villanueva	0,005**	0,005**	0,005**
Palamós vs Villanueva	0,005**	0,005**	0,005**

Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) del factor puerto para los desembarques totales en términos de biomasa agrupados por semanas. El P value indica el nivel de significancia ***p>0.001 que resulta de la comparación ente los distintos puertos.

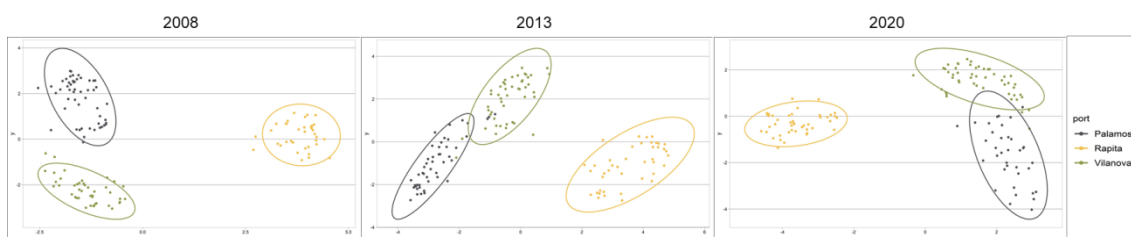


Figura 12. Representación de los clusters que establecen las faenas agrupadas en semanas del métier de plataforma costera en los puertos Palamos, Villanova y Geltrú y San Carlos de la Rápita en distintos colores para los años 2008, 2013, 2020.

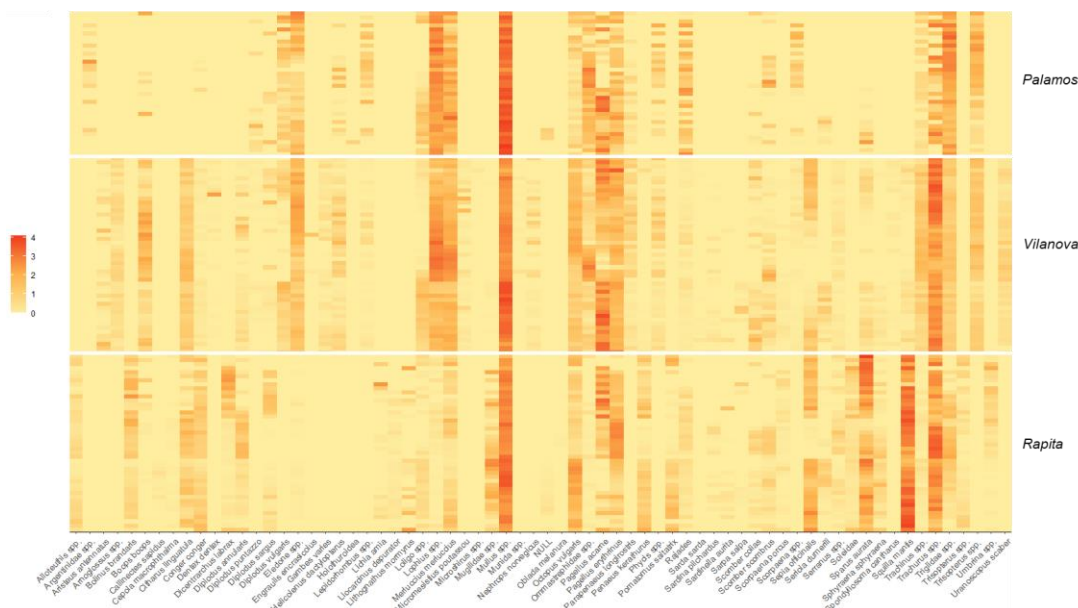


Figura 13. Representación de las diferencias entre las cantidades desembarcadas en una escala de color, rojo significa mayor cantidad de desembarques y amarillo menor, de las especies que constituyen el 80% de las capturas del métier de plataforma costera en los puertos Palamos, Villanova y Geltrú y San Carlos de la Rápita para el 2020.

Plataforma costera

El grupo de plataforma costera que incluye el *métier* de plataforma costera galera de San Carlos de la Rápita ha presentado diferencias significativas entre los tres puertos a lo largo de los años (Tabla 4). Como en el caso anterior las faenas de Palamós y Villanueva y Geltrú se han ido acercando con los años (Fig.14). Los salmonetes (*Mullus spp.*), las vacas (*Triglideae spp.*) y la merluza (*Merluccius merluccius*) han sido las especies más desembarcadas en los tres puertos (Fig.15). Si nos fijamos en el puerto del norte y del centro las especies más parecidas en cuanto a desembarques han sido los pulpos blancos (*Eledone spp.*), los rapes (*Lophius spp.*) y la breca (*Pagellus erythrinus*). Los jureles (*Trachurus spp.*) y la pelaya (*Citharus linguatula*) han presentado mayores desembarques en Villanueva y Geltrú y San Carlos de la Rápita. Es importante destacar que la galera (*Squilla mantis*) ha sido una especie muy desembarcada en la Rápita, así como el congrio (*Conger conger*) en menor cantidad.

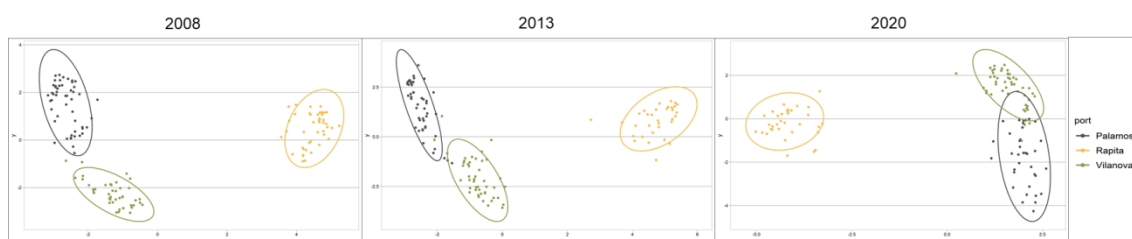


Figura 14. Representación de los *clusters* que establecen las faenas agrupadas en semanas del *métier* de plataforma costera en los puertos Palamós, Villanueva y Geltru y San Carlos de la Rápita en distintos colores para los años 2008, 2013, 2020.

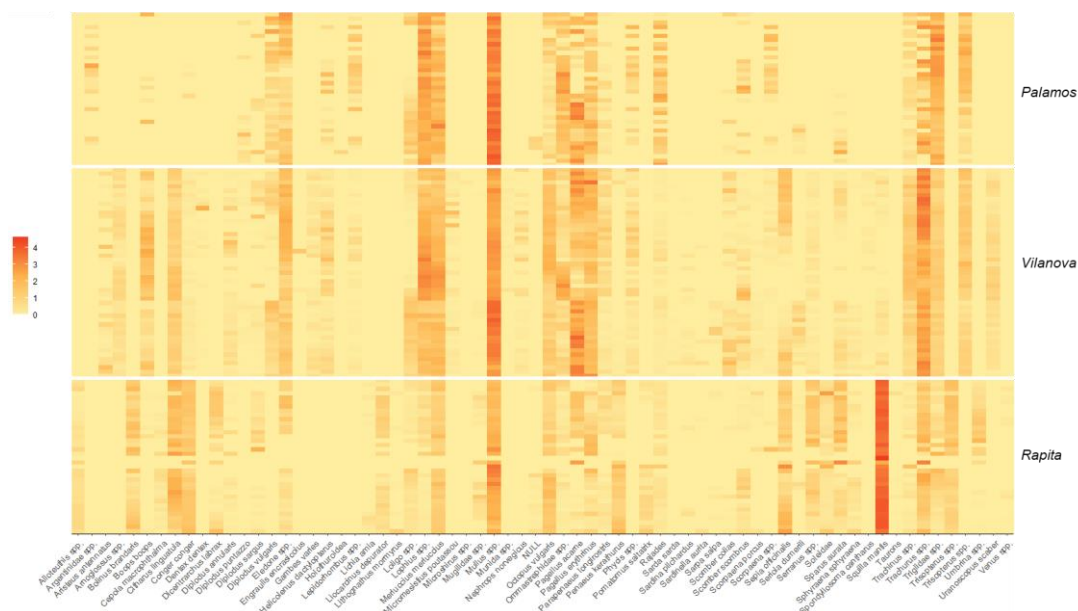


Figura 15. Representación de las diferencias entre las cantidades desembarcadas en una escala de color, rojo significa mayor cantidad de desembarques y amarillo menor, de las especies que constituyen el 80% de las capturas del *métier* de plataforma costera en los puertos Palamós, Villanueva y Geltrú y San Carlos de la Rápita para el 2020.

Plataforma profunda

Este grupo que incluye el *métier* de plataforma profunda galera/pulpos blancos de San Carlos de la Rápita ha presentado diferencias significativas entre los tres puertos a lo largo de los años (Tabla 4). La distribución de las faenas en los distintos puertos ha reforzado esta hipótesis ya que los tres *clusters* se han posicionado bien separados (Fig.16). Los rapes (*Lophius spp.*), los pulpos blancos (*Eledone spp.*) y la merluza (*Merluccius merluccius*) han sido las especies que han caracterizado el grupo (Fig.17). Las potas (*Ommastrephidae spp.*), los jureles (*Trachurus spp.*) y la gamba blanca (*Parapenaeus longirostris*) han presentado más desembarques en el norte y el centro. Por otro lado, los salmonetes (*Mullus spp.*) y las vacas (*Triglidae spp.*) han tenido mayor importancia en Palamós y San Carlos de la Rápita. Por último, la galera (*Squilla mantis*) y el cangrejo (*Liocarcinus depurator*) han sido recursos de gran interés para los pescadores del puerto del sur a diferencia de los otros dos.

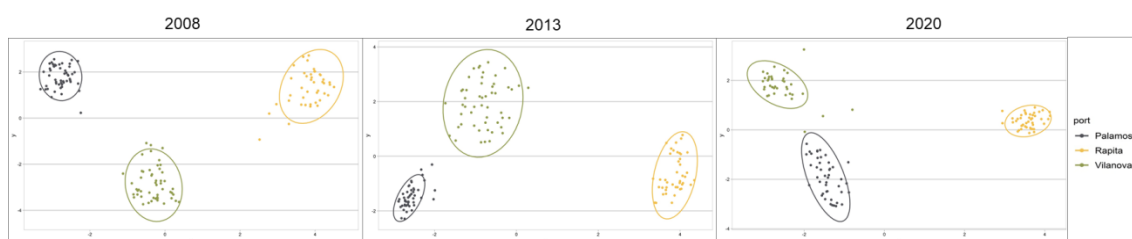


Figura 16. Representación de los *clusters* que establecen las faenas agrupadas en semanas del *métier* de plataforma profunda en los puertos Palamós, Villanova y Geltrú y San Carlos de la Rápita en distintos colores para los años 2008, 2013, 2020.

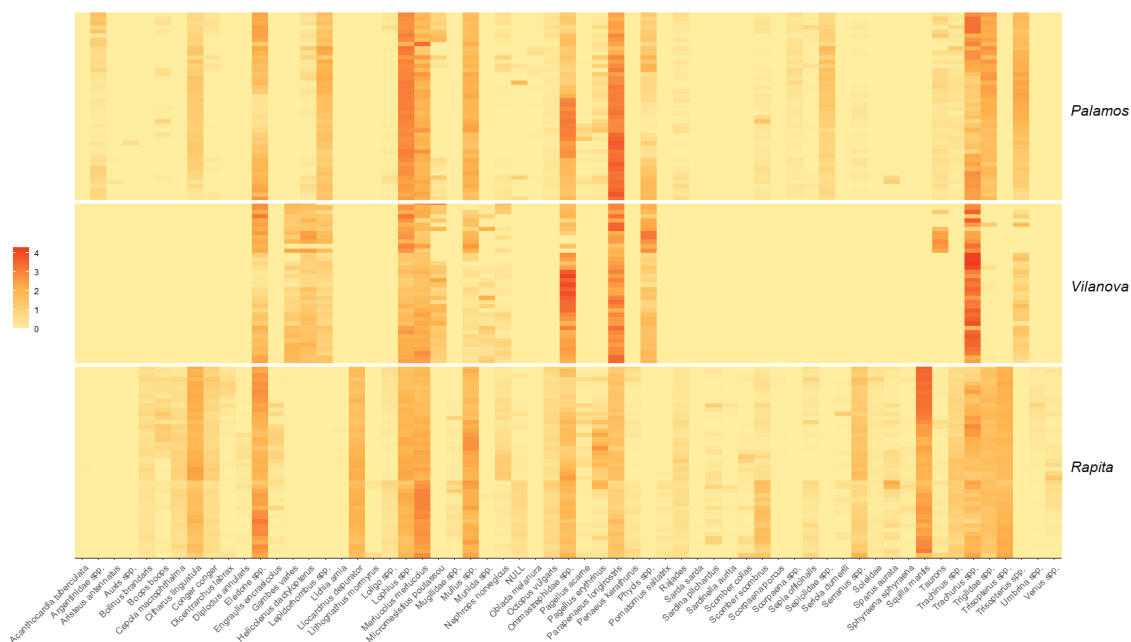


Figura 17. Representación de las diferencias entre las cantidades desembarcadas en una escala de color, rojo significa mayor cantidad de desembarques y amarillo menor, de las especies que constituyen el 80% de las capturas del *métier* de plataforma profunda en los puertos Palamós, Villanova y Geltrú y San Carlos de la Rápita para el 2020.

Plataforma profunda

La comparación estadística de este grupo que incluye el *métier* de plataforma profunda jureles/merluza de San Carlos de la Rápita ha mostrado diferencias significativas entre los tres puertos a lo largo de los años (Tabla 4). Hemos observado que las faenas de los tres puertos se han posicionado separadas como en los casos anteriores (Fig.18). Los rapes (*Lophius spp.*), los jureles (*Trachurus spp.*), los pulpos blancos (*Eledone spp.*) y la merluza (*Merluccius merluccius*) han sido desembarcados en cantidades parecidas en los tres puertos (Fig.19). La gamba blanca (*Parapenaeus longirostris*) y las potas (*Ommastrephidae spp.*) han sido desembarcadas con mayores cantidades en la zona norte y centro. Por otro lado, los salmonetes (*Mullus spp.*) y las vacas (*Triglidae spp.*) han presentado altos niveles de desembarque en Palamós y la San Carlos de la Rápita.

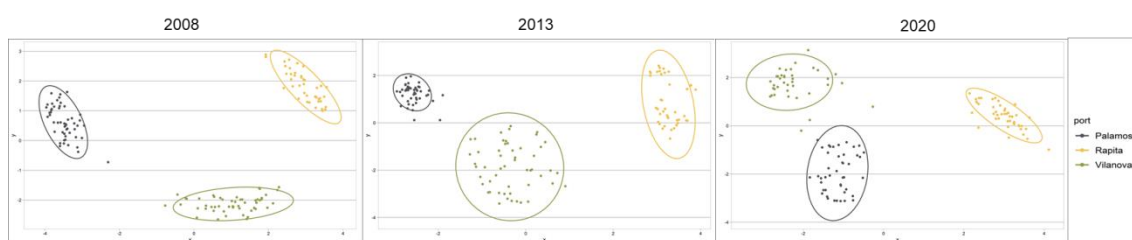


Figura 18. Representación de los *clusters* que establecen las faenas agrupadas en semanas del *métier* de plataforma profunda en los puertos Palamós, Villanova y Geltrú y San Carlos de la Rápita en distintos colores para los años 2008, 2013, 2020.

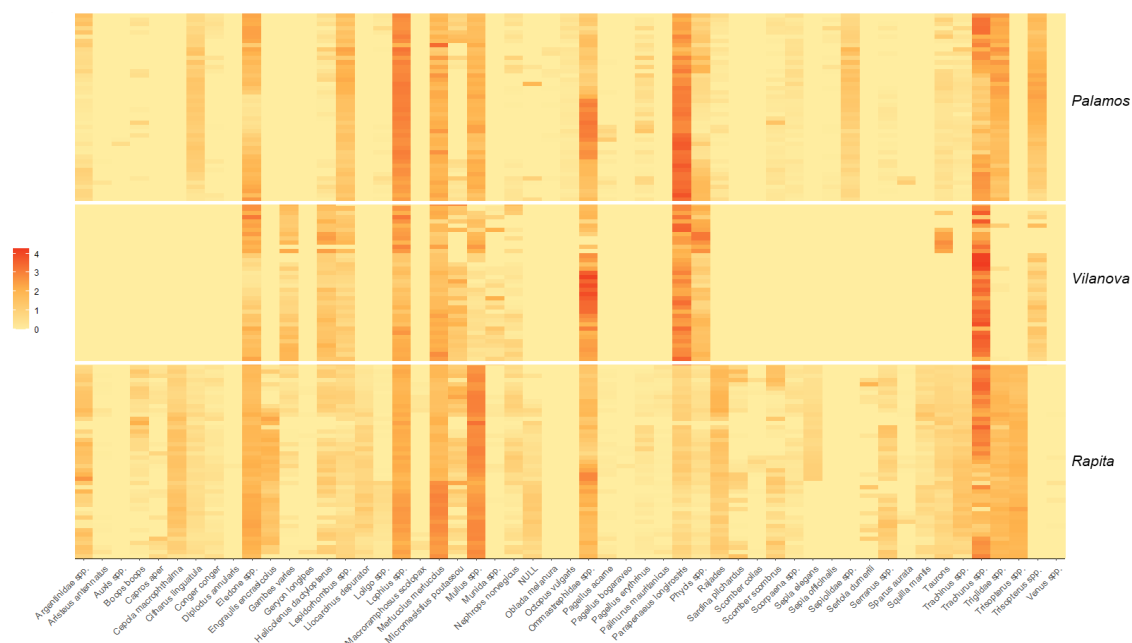


Figura 19. Representación de las diferencias entre las cantidades desembarcadas en una escala de color, rojo significa mayor cantidad de desembarques y amarillo menor, de las especies que constituyen el 80% de las capturas del *métier* de plataforma profunda en los puertos Palamós, Villanova y Geltrú y San Carlos de la Rápita para el 2020.

Talud superficial

La comparación estadística de este grupo ha presentado diferencias significativas entre los dos puertos a lo largo de los años (Tabla 4). Al explorar los datos hemos observado que las faenas en los puertos de Palamós y Villanueva se han situado muy cerca, incluso se han llegado a solapar parcialmente en el año 2013 (Fig.20). Ha habido una serie de especies que se han desembarcado en grandes cantidades en los dos puertos (Fig.21). Estamos haciendo referencia a los rapes (*Lophius spp.*), las brótolas (*Phycis spp.*), la cigala (*Nephrops norvegicus*), la bacaladilla (*Micromesistius poutassou*), la merluza (*Merluccius merluccius*) y la gamba blanca (*Parapenaeus longirostris*). Aun así, hay especies que han causado diferencias entre la zona norte y centro. Por ejemplo en Palamós se han desembarcado más peces araña (*Trachinus spp.*) que en Villanueva y Geltrú, contrariamente los pulpos blancos (*Eledone spp.*) y las gambas varias han tenido mayor importancia en el puerto del centro.

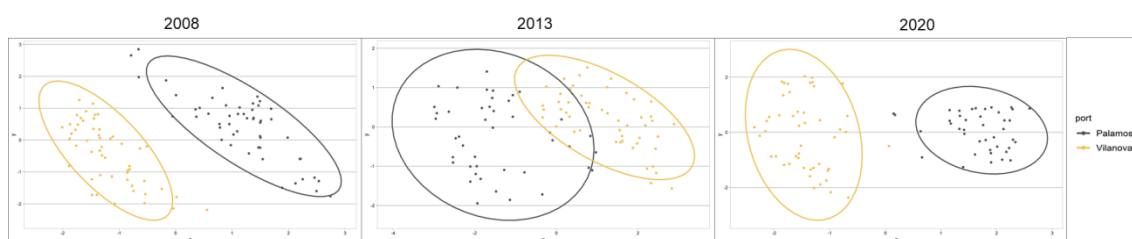


Figura 20. Representación de los *clusters* que establecen las faenas agrupadas en semanas del *métier* de talud superficial en los puertos Palamós, Villanueva y Geltrú en distintos colores para los años 2008, 2013, 2020.

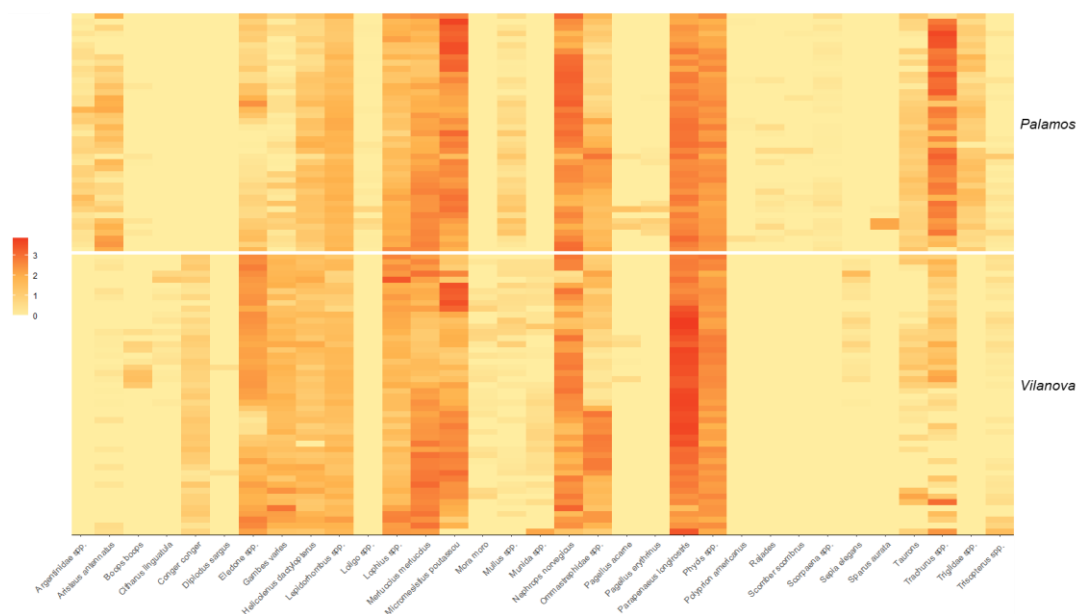


Figura 21. Representación de las diferencias entre las cantidades desembarcadas en una escala de color, rojo significa mayor cantidad de desembarques y amarillo menor, de las especies que constituyen el 80% de las capturas del *métier* de talud superficial en los puertos Palamós, Villanueva y Geltrú para el 2020.

Talud profundo

El grupo ha presentado diferencias significativas entre los dos puertos a lo largo de los años (Tabla 4). Como se puede ver en la figura, a medida que han pasado los años, el conjunto de faenas de un puerto se ha situado más lejos del otro (Fig.22). La especie objetivo de este *métier* ha sido la gamba roja (*Aristeus antennatus*) en ambos puertos (Fig.23). Así como las brótolas (*Phycis spp.*) con una menor cantidad de desembarques. Las diferencias entre puertos han sido generadas por especies como las potas (*Ommastrephidae spp.*) desembarcadas únicamente en Palamós o las gambas varias desembarcadas en Villanueva y Geltrú.

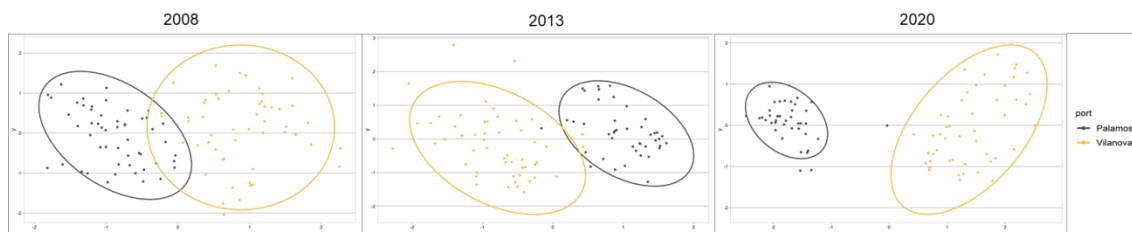


Figura 22. Representación de los *clusters* que establecen las faenas agrupadas en semanas del *métier* talud profundo en los puertos Palamós, Villanueva y Geltrú en distintos colores para los años 2008, 2013, 2020.

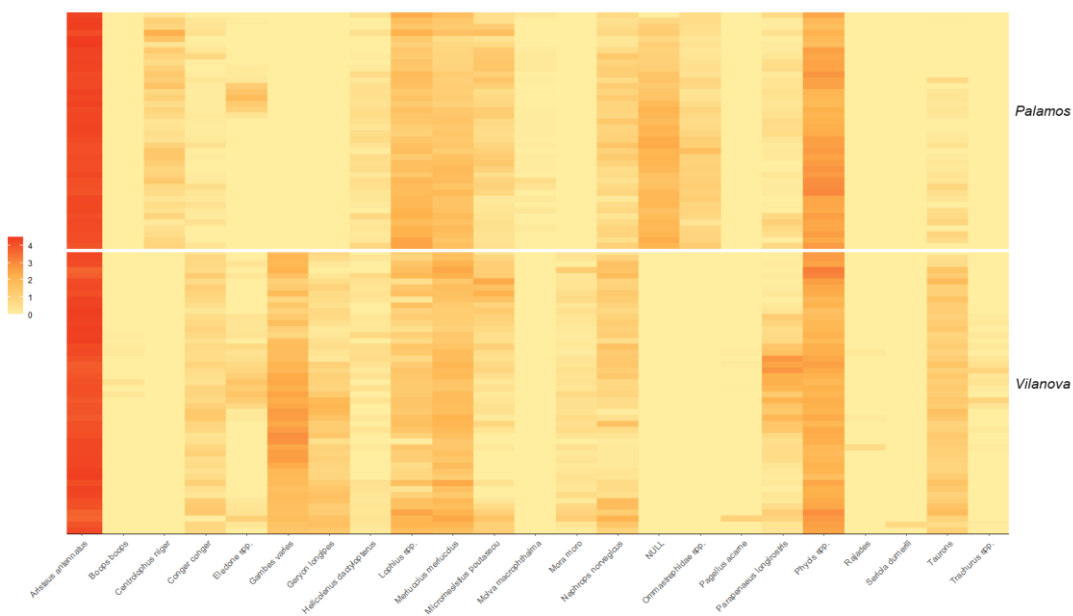


Figura 23. Representación de las diferencias entre las cantidades desembarcadas en una escala de color, rojo significa mayor cantidad de desembarques y amarillo menor, de las especies que constituyen el 80% de las capturas del *métier* de talud profundo en los puertos Palamós, Villanueva y Geltrú en el 2020.

Discusión

El objetivo principal del presente estudio ha sido identificar si existen diferencias significativas entre los *métiers* de arrastre de fondo de las zonas norte, centro y sur de la costa catalana. Estas zonas están representadas por los puertos de Palamós, Villanueva y Geltrú y San Carlos de la Rápita respectivamente. Podemos concluir que se han identificado cuatro *métiers* en la flota pesquera de arrastre del mar catalán. Los *métiers* se han determinado en función de la composición de las capturas de las faenas realizadas en los caladeros que frecuenta la flota pesquera de una zona determinada. En la zona norte y centro hemos reconocido dos *métiers* de plataforma continental y dos de talud. En el caso del sur los cuatro *métiers* se han localizado en la plataforma continental. Esto sucede porque la plataforma en la parte sur de la costa catalana es más extensa que en la zona norte y centro.

De entre las especies que componen el 85% de los desembarques de la zona norte las más importantes han sido: los salmonetes en el *métier* de plataforma costera ya que son especies que habitan la plataforma continental somera (Papaconstantinou y Farrugio, 2000; Tserpes et al., 2002); los pulpos blancos y los rapés en el *métier* de plataforma profunda, ambas especies presentan un amplio rango batimétrico de distribución, sin embargo el pulpo blanco es más abundante por encima de los 300 metros (Belcari et al., 2002) y los rapés por encima de los 500 metros (Ungaro et al., 2002; Garcia-Rodriguez et al., 2005); la bacaladilla y la cigala en el *métier* de talud superficial dado que el máximo rango de distribución de estas especies en el mar catalán se encuentra entre los 200-500 metros (Demestre et al., 2000; Aguzzi et al., 2004) y la gamba roja en el *métier* de talud profundo ya que dicha especie se distribuye en un rango de profundidades que varía entre los 100-3000 metros y es más abundante en los 1500 metros (Sardà et al., 2003). En la zona centro se ha observado la misma dinámica, excepto para el *métier* de plataforma profunda dado que los pulpos blancos y la merluza han sido los más relevantes. La merluza presenta un amplio rango batimétrico de distribución, aunque es más abundante entre los 48-300 metros (Demestre and Sanchez, 1998; Papaconstantinou y Farrugio, 2000).

Los *métiers* de la zona norte y centro coinciden con los descritos por otros autores. Samy-Kamal et al., (2014) concluye que existen cuatro *métiers* en la costa del golfo de Alicante: el de los salmonetes, el de la merluza, la cigala y la gamba roja. Garcia-Rodriguez, (2003) deduce que en el golfo de Alicante existen tres *métiers* dominados por la merluza, la bacaladilla y la gamba roja. Estos resultados no contradicen los nuestros ya que la bacaladilla es una especie que acompaña a la cigala en el *métier* de talud superficial. Además dicho autor fusiona los dos *métiers* de plataforma continental en uno solo, el de merluza. En nuestro trabajo los dos *métiers* de plataforma han presentado composiciones de especies distintas razón por la que se han mantenido separados. Por otro lado, Moranta et al., (2000) encuentran tres grupos entre los 300 y 600 metros de la costa balear dominados por la gamba roja y la cigala. Lo cual concuerda con los dos *métiers* de talud continental identificados en este trabajo.

En los *métiers* de plataforma costera de la zona sur las especies con mayor cantidad de desembarques han sido la galera y los salmonetes. Ambas especies habitan zonas costeras y la galera es especialmente abundante en áreas influenciadas por la desembocadura de un río (Maynou et al., 2004), en este caso el Ebro. En los *métiers* de plataforma profunda las especies más importantes han sido la galera, los jureles y la merluza. Algunas de las especies con mayor importancia en el sur han sido previamente nombradas en estudios como el de Sánchez et al., (2007). En dicho trabajo se demuestra que la merluza y los salmonetes son especies con un alto interés pesquero en San Carlos de la Rápita, así como la galera que se desembarca en grandes cantidades.

El hecho de que la morfología del fondo marino a lo largo de la costa catalana sea distinta genera cambios en los parámetros que determinan la distribución de las especies. Razón por la que la gamba roja una especie que habita en el talud continental y en los cañones submarinos (Sardà et al., 2003), no ha estado presente en la zona sur de la costa catalana, donde la plataforma continental es muy extensa y no se dan las condiciones adecuadas para el desarrollo de esta especie (Sánchez et al., 2007). Lo mismo sucede con la cigala que se encuentra en el talud continental y necesita un fondo con sedimento fino para construir las madrigueras (Aguzzi et al., 2004). Dicha especie ha resultado ser relevante en las zonas norte y centro, en cambio en el sur no ha sido muy desembarcada. La galera, una especie que se beneficia del aporte de sedimento de las desembocaduras de los ríos (Maynou et al., 2004), ha sido ampliamente desembarcada en la zona sur donde acaba el recorrido del río Ebro y por el contrario no ha estado presente en las demás zonas de la costa catalana.

Por otro lado, mediante el análisis estadístico hemos confirmado que las composiciones de especies de los *métiers* de una misma zona son diferentes. La profundidad influye en la distribución de las especies, generalmente la abundancia de peces disminuye con este factor (Moranta et al., 2007). También hemos constatado que estas diferencias se prolongan en el tiempo, es decir que los *métiers* presentan una persistencia temporal. Para realizar el análisis espacial se han comparado los *métiers* de cada zona que han presentado una composición de especies parecida. De aquí han salido seis grupos, cuatro de plataforma continental y dos de talud. En todos los casos la variable espacial (puerto) ha introducido diferencias significativas entre la composición de especies de los *métiers*.

En las tres zonas la flota se ha dedicado principalmente al *métier* más alejado de la costa ya que los desembarques por unidad de esfuerzo han sido más elevados. Asimismo en este *métier* ha habido mayor participación de las embarcaciones grandes de 24-40 metros. En el norte y centro el *métier* de talud profundo no ha sido el que ha presentado mayor cantidad de desembarques totales. En el caso del sur el *métier* de plataforma profunda jureles/merluza sí que lo ha sido. Estos resultados han manifestado el gran interés pesquero que tiene la gamba roja en los puertos del norte y centro. Por otro lado, parece que los desembarques totales del *métier* de talud superficial en las zonas norte y centro no han sido suficientes para las embarcaciones

grandes de 24-40 metros. Dado que el número de faenas de estas embarcaciones ha disminuido considerablemente en los últimos años.

Varios autores (Iriando et al., 2012; Pelletier et al., 2001; Ulrich et al., 2012) han discutido la utilidad de las estrategias de conservación basadas en *métiers* para las pesquerías mixtas. Según ellos es necesario un buen conocimiento de la dinámica de las pesquerías para establecer objetivos de conservación reales y los *métiers* son las herramientas que lo permiten. Los resultados de nuestro estudio han sugerido la necesidad de introducir nuevas áreas de gestión establecidas en función de los *métiers*. Tal y como hemos visto, en una misma zona han existido *métiers* con una composición de especies y unas características distintas. Por lo que no se deben gestionar de la misma manera. Con una gestión basada en los *métiers* se podrían aplicar medidas específicas para cada uno de los *métiers* sin perjudicar a los otros. Por ejemplo se podría proteger una especie objetivo aplicando una veda temporal o espacial en un *métier* determinado, sin la necesidad de alterar la actividad pesquera del resto. Por otro lado controlar el esfuerzo pesquero sería menos complejo ya que cada *métier* estaría definido en base a variables como la eslora de las embarcaciones, el tonelaje, la potencia, el número de faenas, etc.

¿Qué medidas de gestión podríamos aplicar teniendo en cuenta las particularidades de cada zona? En el norte y centro, las vedas biológicas son medidas de conservación útiles para especies como la gamba roja, ya que así se mantiene la capacidad reproductora de los stocks explotados (Palmer et al., 2017). Igualmente se podría mejorar la selectividad de la merluza ya que como demuestra Sardà et al. (2006) una gran proporción de individuos juveniles son capturados. También sería interesante establecer planes para los descartes, dado que en estas zonas, las especies objetivo están muy definidas y el resto de la captura presenta menor interés para los pescadores (Sánchez Lizaso et al., 2020). Por otro lado, en los puertos del sur en los que las capturas han estado compuestas por distintas especies, los cambios en la selectividad de la pesca de arrastre no beneficiarían a todas las especies por igual. En esta zona sería más efectivo reducir el esfuerzo pesquero y realizar más estudios para saber que otras medidas se podrían aplicar.

Para aumentar la robusteza de los resultados se debería incluir la variable temporal a una escala más fina, por ejemplo mensual. Ya que los cambios estacionales influyen en la dinámica de las especies y como consecuente en la gestión de las pesquerías. Por otro lado, una vez se tiene claro que hay diferencias espaciales, el siguiente paso es construir mapas georreferenciados que permitan definir el área de acción de los *métiers* con la información de los datos VMS de las embarcaciones y por tanto disponer de más herramientas que faciliten la gestión espacial. Esto se ha realizado en otros estudios como el de Mateo et al., (2017) donde se describen los patrones espaciales de las pesquerías demersales francesas en el mar Céltico. El proyecto que envuelve este trabajo también está trabajando en ello. El objetivo final es obtener un mapa con la distribución espacial de los *métiers* de la flota de arrastre de todos los puertos de la costa catalana.

Conclusión

A partir de los hallazgos de nuestro estudio hemos llegado a la conclusión de que la pesca de arrastre en la costa catalana no se debe gestionar como una única pesquería, ya que se ha diferenciado en cuatro *métiers* que han presentado a su vez diferente composición de captura en función de la zona dentro del litoral. Esta información se debería tener en cuenta en el ámbito de la gestión para definir medidas como las vedas temporales y espaciales de forma específica para cada *métier* o zona. Siguiendo esta línea de investigación, sería interesante que en futuros estudios se analizase cómo cambia cada *métier* en función de la época del año dado que las estaciones condicionan el ciclo de vida de las especies.

Bibliografía

Aguzzi, J., Sardà, F. and Allué, R. Seasonal dynamics in *Nephrops norvegicus* (Decapoda: Nephropidae) catches off the Catalan coasts (Western Mediterranean). *Fisheries Research*. 2004. Vol. 69, no. 2, pp. 293–300. ISSN 01657836.

Aleman, F. and Álvarez, F. Determination of effective fishing effort on hake *Merluccius merluccius* in a Mediterranean trawl fishery. *Scientia Marina*. 2003. Vol. 67, no. 4, pp. 491–499. ISSN 02148358.

Belcari, P., Tserpes, G., González, M., Lefkaditou, E., Marceta, B. and Manfrin, G.P. Distribution and abundance of *Eledone cirrhosa* (Lamarck, 1798) and *Eledone moschata* (Lamarck, 1798) (Cephalopoda: Octopoda) in the Mediterranean Sea. *Scientia Marina*. 2002. Vol. 66, pp. 143–155.

Caddy, J.F. Practical issues in choosing a framework for resource assessment and management of Mediterranean and Black sea fisheries. *Mediterranean Marine Science*. 2009. Vol. 10, no. 1, pp. 83–120. ISSN 17916763.

Davie, S. and Lordan, C. Definition, dynamics and stability of métiers in the Irish otter trawl fleet. *Fisheries Research*. 2011. Vol. 111, no. 3, pp. 145–158. ISSN 01657836.

Demestre, M. and Sánchez, P. Spatio-temporal distribution of the European hake (*Merluccius merluccius*) off Catalan coast (Northwestern Mediterranean). *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*. 1998. Vol.35 pp. 420–421.

Demestre, M., Sánchez, P. and Abelló, P. Demersal fish assemblages and habitat characteristics on the continental shelf and upper slope of the north-western Mediterranean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2000. Vol. 80, no. 6, pp. 981–988. ISSN 00253154.

Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural. *Datos por modalidades* [en línea]. 2020. [consulta: 25 de agosto de 2021]. Disponible en <http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/pesca/dar_estadistiques_pesca_subhastada/dar_capture_s_modalitats/>

Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural. *Pesca marítima 2019, por lonjas, comarcas y provincias* [en línea]. Instituto de Estadística de Cataluña, 2020. [consulta: 5 de mayo de 2021]. Disponible en <<https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=467>>

España. Resolución de 24 de mayo de 2019, de la Secretaría General de Pesca, por la que se publica el listado de denominaciones comerciales de especies pesqueras y de acuicultura admitidas en España. *Boletín Oficial del Estado*, 15 de junio de 2019, núm. 153.

Europe. Commission Decision (EC) Adopting a Multi Annual Community Programme Pursuant to Council Regulation No. 199/2008 Establishing a Community Framework for the Collection, Management and Use of Data in the Fisheries Sector and Support for Scientific Advice Regarding the Common Fisheries Policy. *Official Journal of the European Union*, 6 of November 2008, No. 2008/949/EC.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. *La lista ASFIS de especies para fines de estadística de pesca*. [en línea]. 2020. [consulta: septiembre de 2020]. Disponible en <<http://www.fao.org/fishery/collection/asfis/es>>

García Rodríguez, M. Characterisation and standardisation of a red shrimp *Aristeus antennatus*, (Risso, 1816) fishery off the Alicante gulf (SE Spain). *Scientia Marina*. 2003. Vol. 67, no. 1, pp. 63–74. ISSN 0214-8358.

García Rodríguez, M., Pereda, P., Landa, J. and Esteban, A. On the biology and growth of the anglerfish *Lophius budegassa* Spinola, 1807 in the Spanish Mediterranean: a preliminary approach. *Fisheries Research*. 2005. Vol. 71, no. 2, pp. 197-208.

González-Álvarez, J., García de la Fuente, L., García-Flórez, L., Fernández-Rueda, M. del P. and Luis Alcázar-Álvarez, J. Identification and Characterization of Métiers in Multi-Species Artisanal Fisheries. A Case Study in Northwest Spain. *Natural Resources*. 2016. Vol. 07, no. 06, pp. 295–314. ISSN 2158-706X.

He, X., Bigelow, K.A. and Boggs, C.H. Cluster analysis of longline sets and fishing strategies within the Hawaii-based fishery. *Fisheries Research*. 1997. Vol. 31, no. 1–2, pp. 147–158. ISSN 01657836.

Iriondo, A., García, D., Santurtún, M., Castro, J., Quincoces, I., Lehuta, S., Mahévas, S., Marchal, P., Tidd, A. and Ulrich, C. Managing mixed fisheries in the European Western Waters: Application of Fcube methodology. *Fisheries Research*. 2012. Vol. 134–136, pp. 6–16. ISSN 01657836.

Mateo, M., Pawlowski, L. and Robert, M. Highly mixed fisheries: Fine-scale spatial patterns in retained catches of French fisheries in the Celtic Sea. *ICES Journal of Marine Science*. 2017. Vol. 74, no. 1, pp. 91–101. ISSN 10959289.

Maynou, F., Abelló, P. and Sartor, P. A Review of the Fisheries Biology of the Mantis Shrimp , *Squilla mantis* (L ., 1758) (Stomatopoda , Squillidae) in the Mediterranean. *Fisheries (Bethesda)*. 2004. Vol. 77, no. 9, pp. 1081–1099.

Maynou, F., Recasens, L. and Lombarte, A. Fishing tactics dynamics of a Mediterranean small-scale coastal fishery. *Aquatic Living Resources*. 2011. Vol. 24, no. 2, pp.149-159.

Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. *Informe anual de flota pesquera 2020 (datos 2019)* [en línea]. 2020. [consulta: 20 de agosto de 2021]. Disponible en <https://www.mapa.gob.es/es/pesca/temas/registro-flota/anexo-informe-anual-2020_tcm30541755.pdf>

Moranta, J., Massutí, E. and Morales-Nin, B. Fish catch composition of the deep-sea decapod crustacean fisheries in the Balearic Islands (western Mediterranean). *Fisheries Research*. 2000. Vol. 45, no. 3, pp. 253–264. ISSN 01657836.

Moranta, J., Massutí, E., Palmer, M. and Gordon, J.D.M. Geographic and bathymetric trends in abundance, biomass and body size of four grenadier fishes along the Iberian coast in the western Mediterranean. *Progress in Oceanography*. 2007. Vol. 72, no. 1, pp. 63–83. ISSN 00796611.

Murawski, S.A., Lange, A.M., Sissenwine, M.P. and Mayo, R.K. Definition and analysis of multispecies otter-trawl fisheries off the northeast coast of the United States. *ICES Journal of Marine Science*. 1983. Vol. 41, no. 1, pp. 13–27. ISSN 10959289.

Oliver, P. Analysis of fluctuations observed in the trawl fleet landings of the Balearic Islands. *Scientia Marina*. 1993. Vol. 57, no. 2, pp. 219–227. ISSN 1886-8134.

Osio, G.C., Orio, A. and Millar, C.P. Assessing the vulnerability of Mediterranean demersal stocks and predicting exploitation status of un-assessed stocks. *Fisheries Research*. 2015. Vol. 171, no. 1380, pp. 110–121. ISSN 01657836.

Palmer, M., Tolosa, B., Grau, A.M., Gil, M. del M., Obregón, C. and Morales-Nin, B. Combining sale records of landings and fishers knowledge for predicting métiers in a small-scale, multi-gear, multispecies fishery. *Fisheries Research*. 2017. Vol. 195, pp. 59–70. ISSN 01657836.

Papaconstantinou, C; Farrugio, H. Fisheries in the Mediterranean. *Mediterranean Marine Science*. 2000. Vol. 1, pp. 5–18. ISSN 1791-6763.

Pelletier, D. and Ferraris, J. A multivariate approach for defining fishing tactics from commercial catch and effort data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2000. Vol. 57, no. 1, pp. 51-65.

Pelletier, D., Mahevas, S., Poussin, B. and Bayon, J. A conceptual model for evaluating the impact of spatial management measures on the dynamics of a mixed fishery. 2001.

R Development Core Team, 2020. R: a Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org/>.

Sacchi, J. The use of trawling nets in the Mediterranean. Problems and selectivity options. *Options Méditerranéennes B*. 2008. Vol. 96, no. 62, pp. 87–96.

Samy-Kamal, M., Forcada, A. and Sánchez-Lizaso, J.L. Trawling fishery of the western Mediterranean Sea: Métiers identification, effort characteristics, landings and income profiles. *Ocean and Coastal Management*. 2014. Vol. 102, no. PA, pp. 269–284. ISSN 09645691.

Sánchez Lizaso, J.L., Sola, I., Guijarro-García, E., Bellido, J.M. and Franquesa, R. A new management framework for western Mediterranean demersal fisheries. *Marine Policy*. 2020, Vol. 112. ISSN 0308597X.

Sánchez, P., Demestre, M. and Martín, P. Characterisation of the discards generated by bottom trawling in the northwestern Mediterranean. *Fisheries Research*. 2004. Vol. 67, no. 1, pp. 71–80. ISSN 01657836.

Sánchez, P., Sartor, P., Recasens, L., Ligas, A., Martín, J., De Ranieri, S. and Demestre, M. Trawl catch composition during different fishing intensity periods in two Mediterranean demersal fishing grounds. *Scientia Marina*. 2007. Vol. 71, no. 4, pp. 765–773. ISSN 02148358.

Sardà, F., Bahamon, N., Molí, B. and Sardà-Palomera, F. The use of a square mesh codend and sorting grids to reduce catches of young fish and improve sustainability in a multispecies

bottom trawl fishery in the Mediterranean. *Scientia Marina*. 2006. Vol. 70, no. 3, pp. 347–353. ISSN 02148358.

Sardà, F., Company, J.B. and Maynou, F. Deep-sea shrimp *Aristeus antennatus* Risso 1816 in the Catalan Sea, a review and perspective. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*. 2003. Vol. 31, pp. 127–136. ISSN 18131859.

Silvar Viladomiu, Paula. Empleo de modelos estadísticos multivariantes para el análisis de comportamiento de comunidades ecológicas: trabajo de fin de master (trabajo no publicado). Universitat Oberta de Catalunya, 2018.

Tserpes, G., Fiorentino, F., Levi, D., Cau, A., Murenu, M., Zamboni, A.D.A. and Papaconstantinou, C. Distribution of *Mullus barbatus* and *M. surmuletus* (Osteichthyes: Perciformes) in the Mediterranean continental shelf: Implications for management. *Scientia Marina*. 2002. Vol. 66, pp. 39–54. . ISSN 02148358.

Tzanatos, E., Somarakis, S., Tserpes, G. and Koutsikopoulos, C. Identifying and classifying small-scale fisheries métiers in the Mediterranean: A case study in the Patraikos Gulf, Greece. *Fisheries Research*. 2006. Vol. 81, no. 2–3, pp. 158–168. ISSN 01657836.

Ulrich, C., Wilson, D.C.K., Nielsen, J.R., Bastardie, F., Reeves, S.A., Andersen, B.S. and Eigaard, O.R. Challenges and opportunities for fleet- and métier-based approaches for fisheries management under the European Common Fishery Policy. *Ocean and Coastal Management*. 2012. Vol. 70, pp. 38–47. ISSN 09645691.

Ungaro, N., Marano, G., Auteri, R., Voliani, A., Massutí, E., García-Rodríguez, M. and Osmani, K. Distribution, abundance and biological features of anglerfish (*Lophius piscatorius* and *Lophius budegassa*) (Osteichthyes: Lophiiformes) in the Mediterranean Sea. *Scientia Marina*. 2002. Vol. 66, no. 2 SUPPL, pp. 55–63. ISSN 02148358.

Anexos

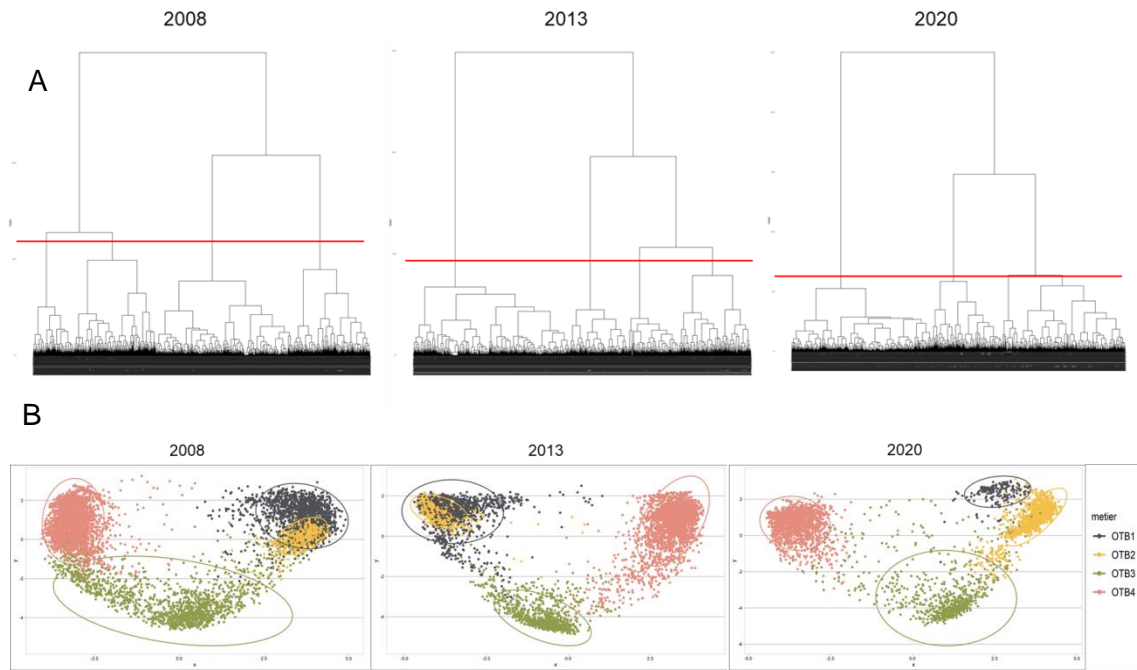


Figura S1. A. Dendrograma de clasificación de las faenas en base a las capturas del puerto de Palamós, de izquierda a derecha se presentan los resultados de los años 2008, 2013 y 2020 para el puerto de Palamós. B. Representación de los clusters que establecen los cuatro *métiers* del puerto de Palamós en distintos colores para los años 2008, 2013, 2020.

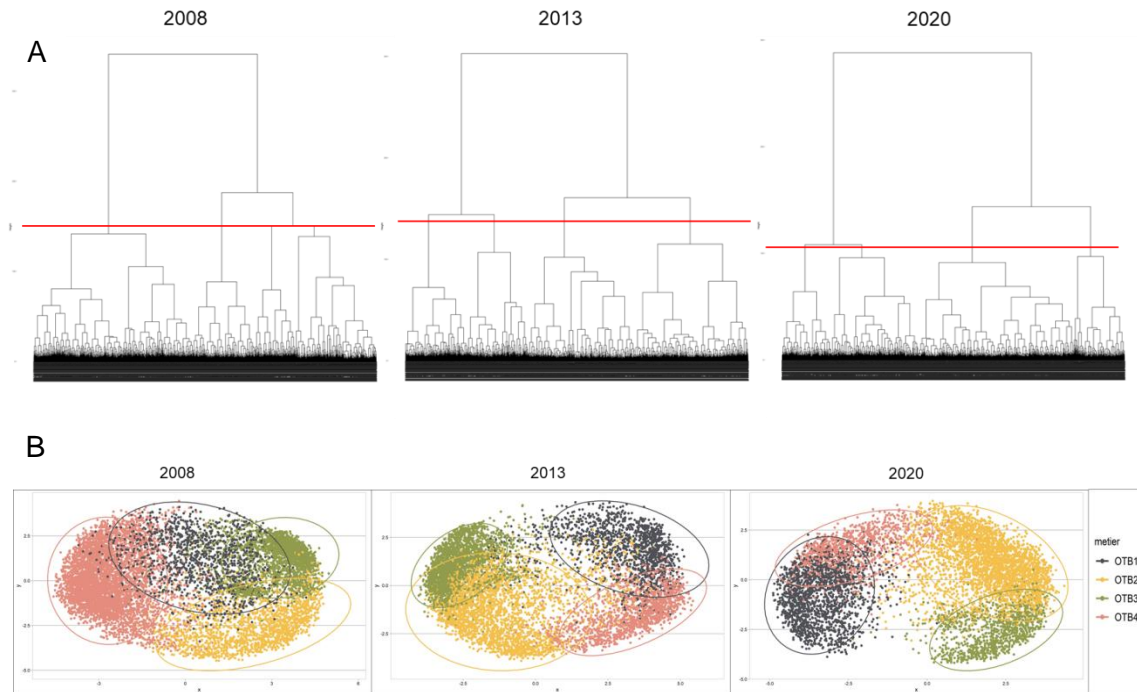


Figura S2. A. Dendrograma de clasificación de las faenas en base a las capturas del puerto de Palamós, de izquierda a derecha se presentan los resultados de los años 2008, 2013 y 2020 para el puerto San Carlos de la Rápita. B. Representación de los clusters que establecen los cuatro *métiers* del puerto de San Carlos de la Rápita en distintos colores para los años 2008, 2013, 2020.

Evolución temporal métier plataforma costera 2002-2020

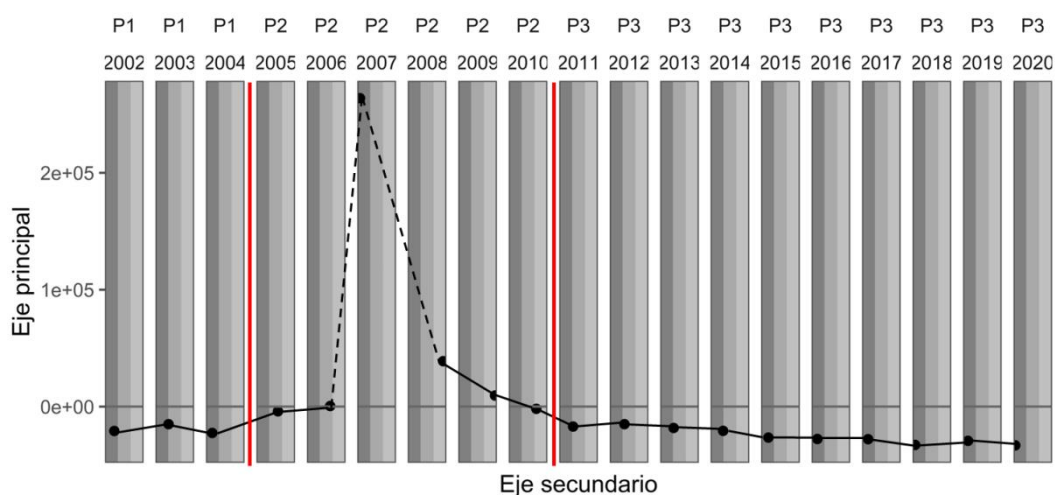


Figura S3. Cambios en la composición de las especies del *métier* de plataforma costera de Palamós del 2002 al 2020. Los movimientos verticales determinan los cambios de periodo (línea roja) y los horizontales los años anómalos dentro de un mismo periodo (línea discontinua).

Evolución temporal métier talud superficial 2002-2020

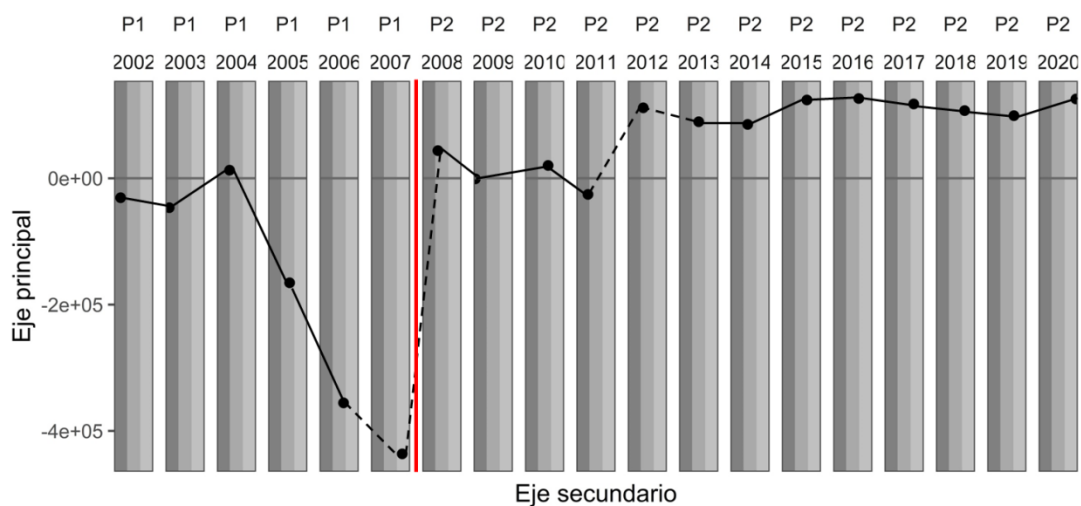


Figura S4. Cambios en la composición de las especies del *métier* de talud superficial de Palamós del 2002 al 2020. Los movimientos verticales determinan los cambios de periodo (línea roja) y los horizontales los años anómalos dentro de un mismo periodo (línea discontinua).

Evolución temporal métier talud profundo 2002-2020

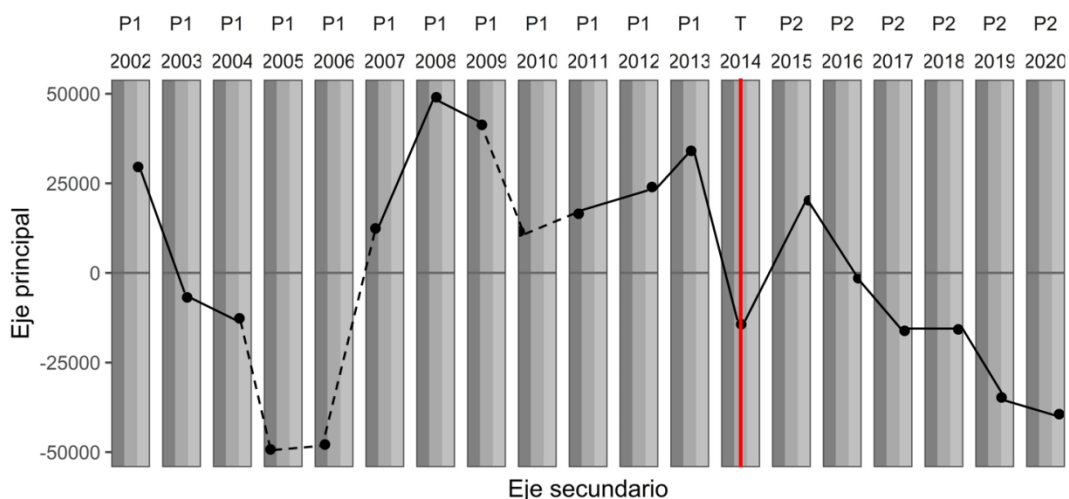


Figura S5. Cambios en la composición de las especies del *métier* de talud profundo de Palamós del 2002 al 2020. Los movimientos verticales determinan los cambios de periodo (línea roja) y los horizontales los años anómalos dentro de un mismo periodo (línea discontinua).

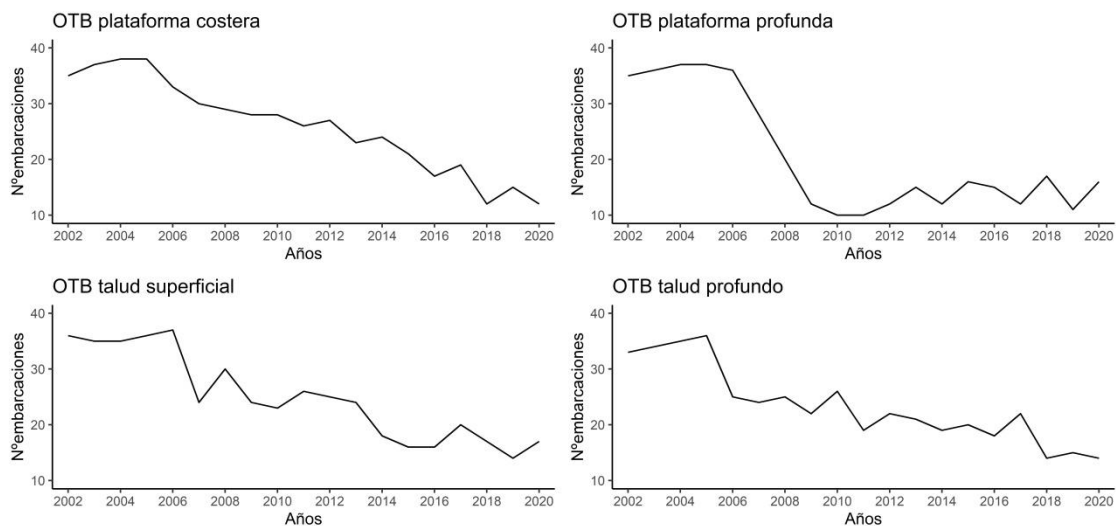


Figura S6. Evolución del número de embarcaciones de cada uno de los *métiers* de Palamós durante el periodo de estudio (2002-2020).

Evolución temporal métier plataforma costera 2002-2020

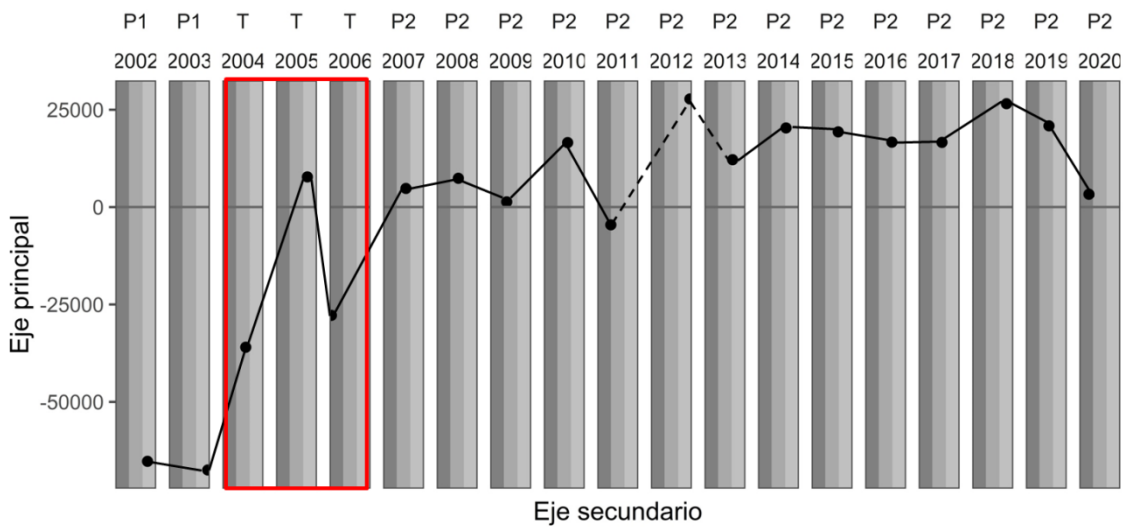


Figura S7. Cambios en la composición de las especies del *métier* de plataforma costera de Villanueva y Geltrú del 2002 al 2020. Los movimientos verticales determinan los cambios de periodo (rectángulo rojo) y los horizontales los años anómalos dentro de un mismo periodo (línea discontinua).

Evolución temporal métier plataforma profunda 2002-2020

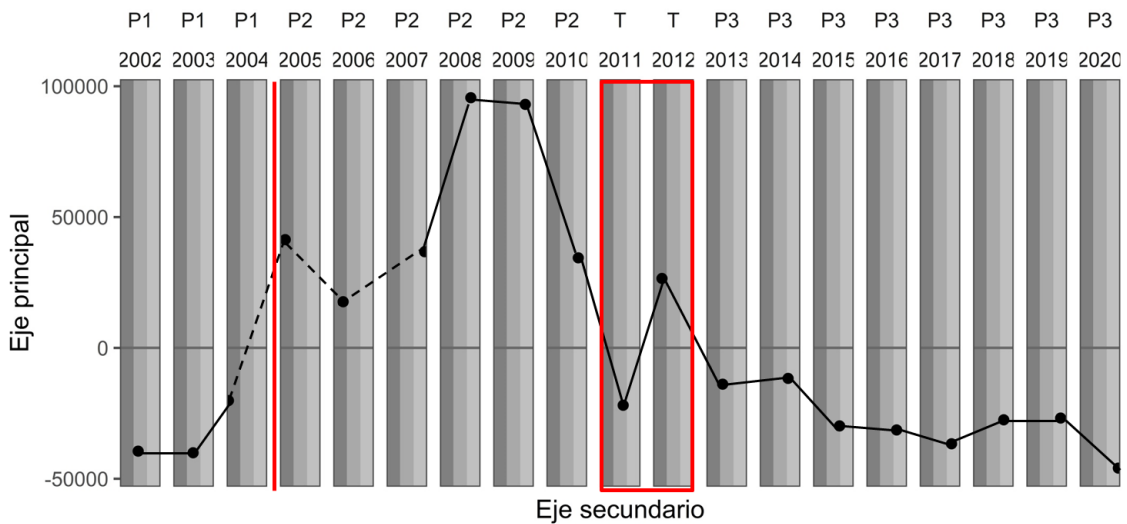


Figura S8. Cambios en la composición de las especies del *métier* de plataforma profunda de Villanueva y Geltrú del 2002 al 2020. Los movimientos verticales determinan los cambios de periodo (línea roja y rectángulo rojo) y los horizontales los años anómalos dentro de un mismo periodo (línea discontinua).

Evolución temporal métier talud superficial 2002-2020

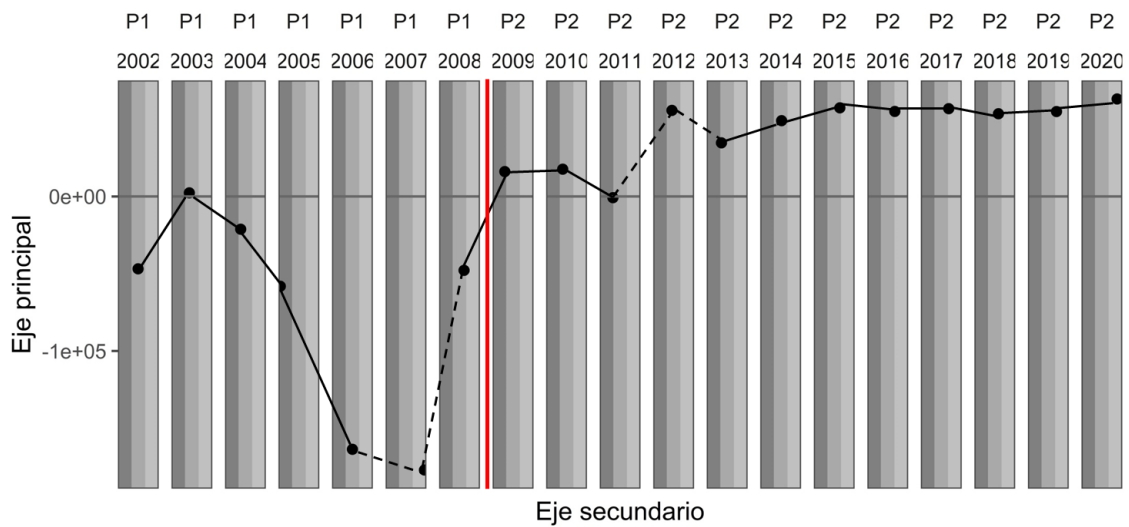


Figura S9. Cambios en la composición de las especies del *métier* de talud superficial de Villanueva y Geltrú del 2002 al 2020. Los movimientos verticales determinan los cambios de periodo (rectángulo rojo) y los horizontales los años anómalos dentro de un mismo periodo (línea discontinua).

Evolución temporal métier talud profundo 2002-2020

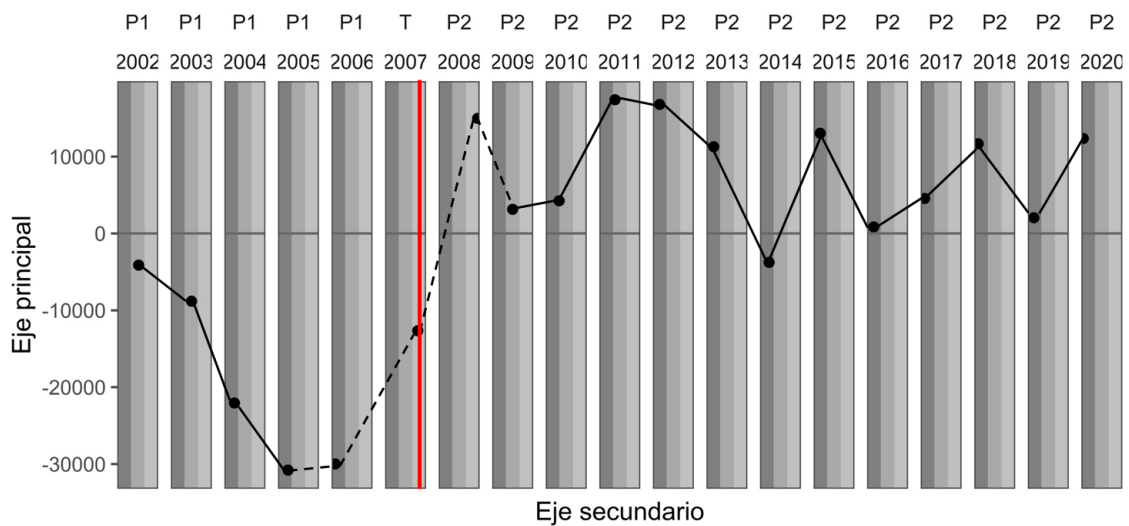


Figura S10. Cambios en la composición de las especies del *métier* de talud profundo de Villanueva y Geltrú del 2002 al 2020. Los movimientos verticales determinan los cambios de periodo (rectángulo rojo) y los horizontales los años anómalos dentro de un mismo periodo (línea discontinua).

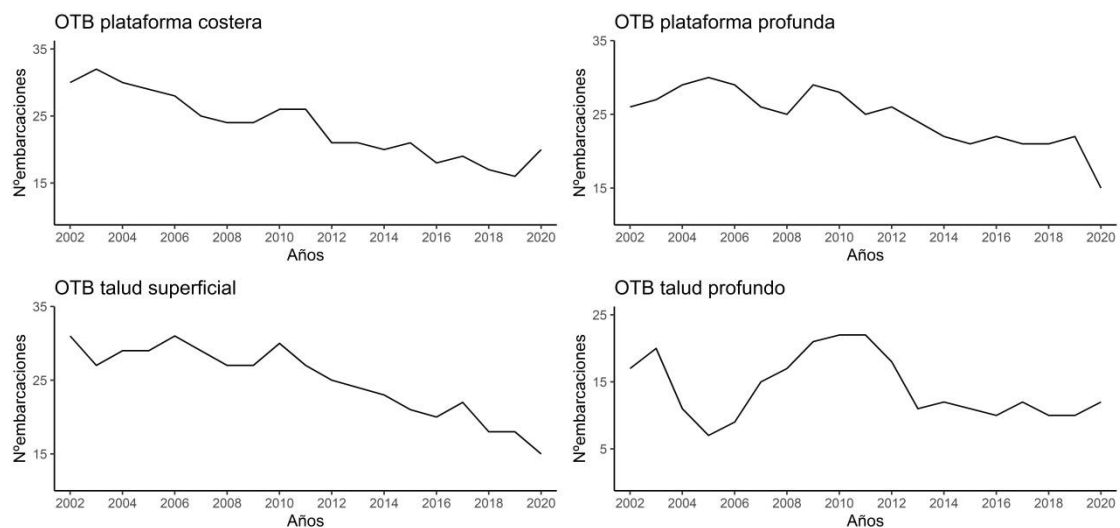


Figura S11. Evolución del número de embarcaciones de cada uno de los *métiers* de Villanueva y Geltrú durante el periodo de estudio (2002-2020).

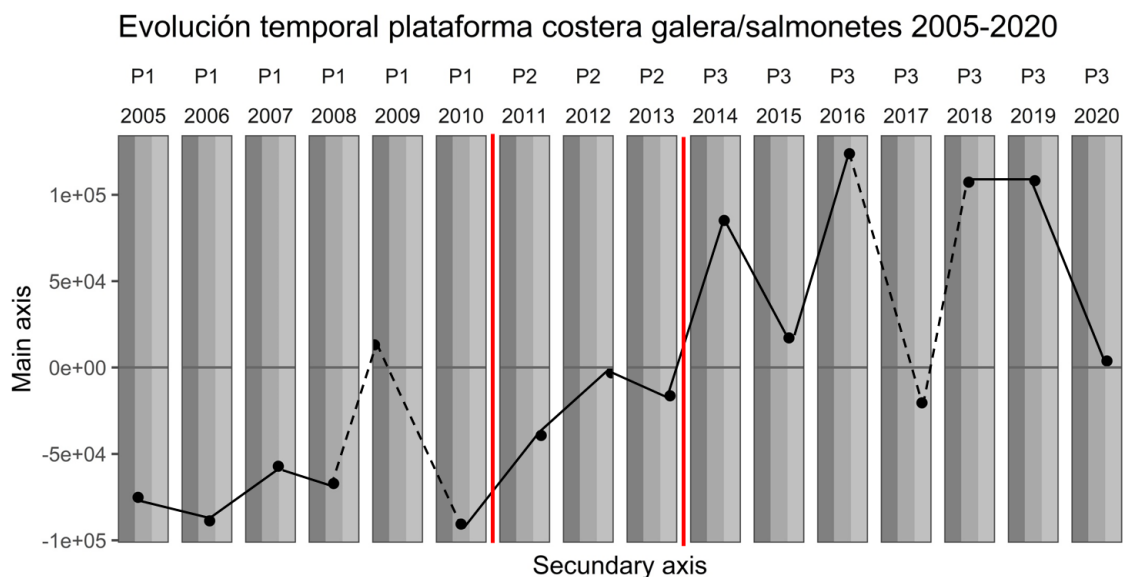


Figura S12. Cambios en la composición de las especies del *métier* de plataforma costera galera/salmonetes de San Carlos de la Rápita del 2002 al 2020. Los movimientos verticales determinan los cambios de periodo (línea roja) y los horizontales los años anómalos dentro de un mismo periodo (línea discontinua). "explica 2005"

Evolución temporal plataforma costera galera 2002-2020

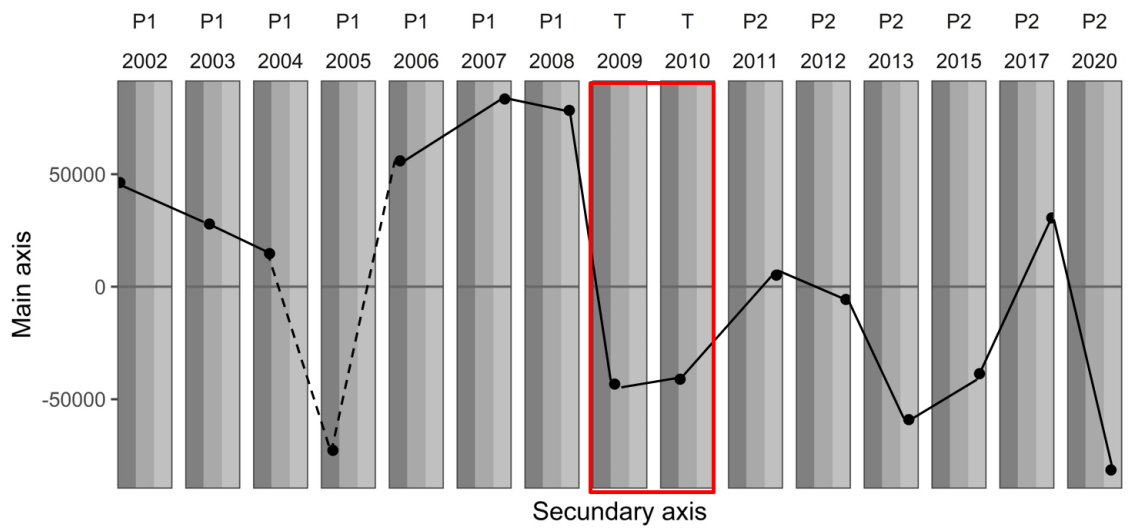


Figura S13. Cambios en la composición de las especies del *métier* de plataforma costera galera de San Carlos de la Rápita del 2002 al 2020. Los movimientos verticales determinan los cambios de periodo (rectángulo rojo) y los horizontales los años anómalos dentro de un mismo periodo (línea discontinua).

Evolución temporal plataforma profunda galera/pulpos blancos 2002-2020

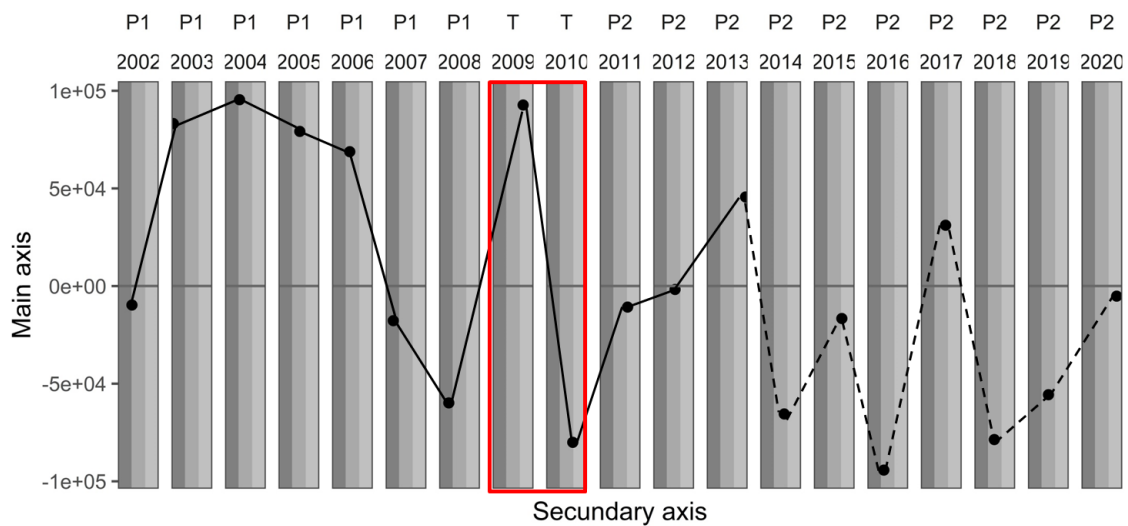


Figura S14. Cambios en la composición de las especies del *métier* de plataforma profunda galera/pulpos blancos de San Carlos de la Rápita del 2002 al 2020. Los movimientos verticales determinan los cambios de periodo (rectángulo rojo) y los horizontales los años anómalos dentro de un mismo periodo (línea discontinua).

Evolución temporal plataforma profunda jureles/merluza 2002-2020

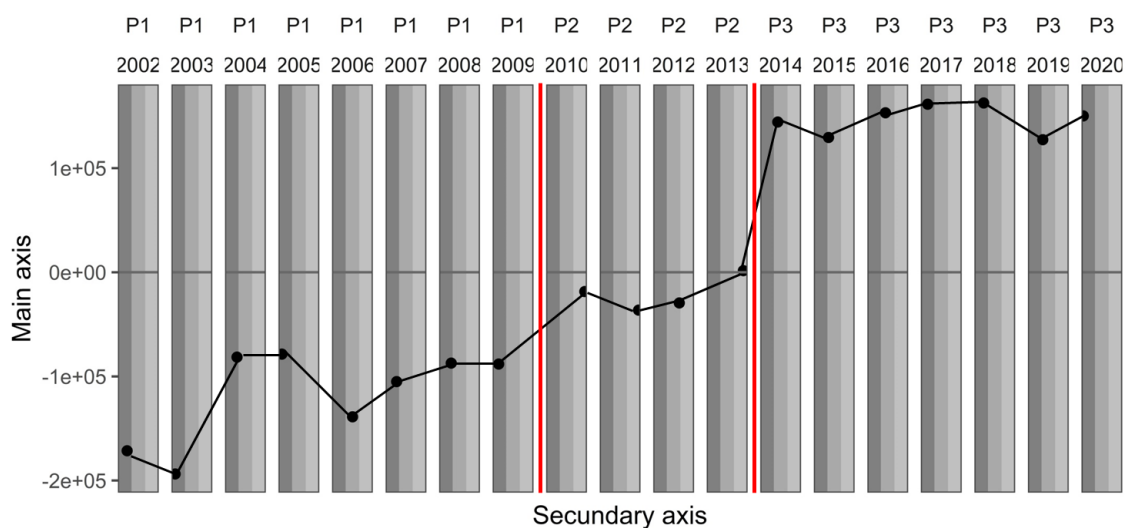


Figura S15. Cambios en la composición de las especies del *métier* de plataforma profunda jureles/merluza de San Carlos de la Rápita del 2002 al 2020. Los movimientos verticales determinan los cambios de periodo (línea roja) y los horizontales los años anómalos dentro de un mismo periodo (línea discontinua).

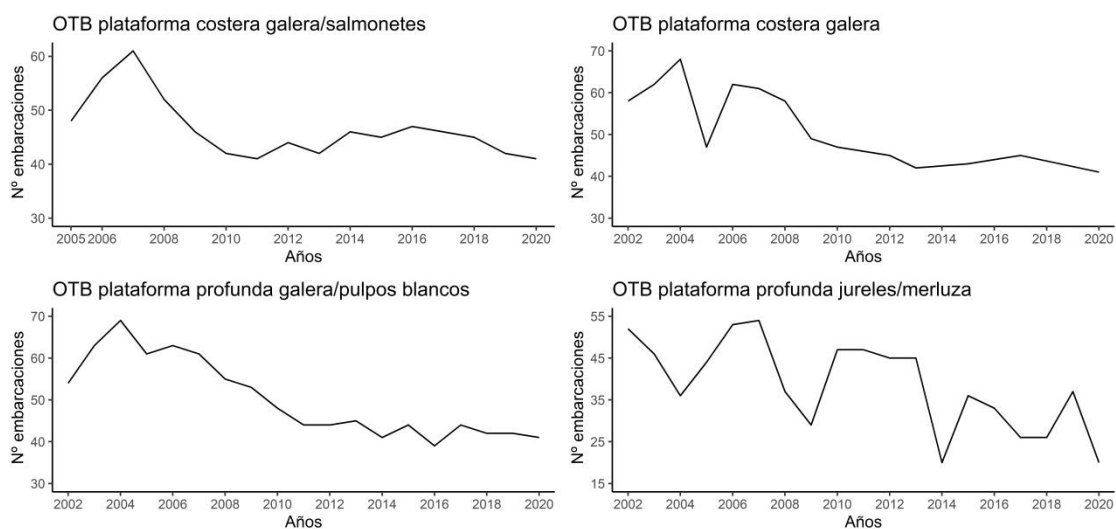


Figura S16. Evolución del número de embarcaciones de cada uno de los *métiers* de San Carlos de la Rápita durante el periodo de estudio (2002-2020).